



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

**ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORA EN LA EFICIENCIA EN
EL DEPARTAMENTO DE PINTURA PARA UNA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN
LA EMPRESA MUEBLES Y DISEÑOS INDUSTRIALES MUDI**

Jennifer Guadalupe Rodríguez Xiquita

Asesorado por el Ing. Sergio Fernando Pérez Rivera

Guatemala, mayo de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORA EN LA EFICIENCIA EN
EL DEPARTAMENTO DE PINTURA PARA UNA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN
LA EMPRESA MUEBLES Y DISEÑOS INDUSTRIALES MUDI**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JENNIFER GUADALUPE RODRÍGUEZ XIQUITA
ASESORADO POR EL ING. SERGIO FERNANDO PÉREZ RIVERA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA INDUSTRIAL

GUATEMALA, MAYO DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL I	
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas
EXAMINADOR	Ing. Erwin Danilo González Trejo
EXAMINADOR	Ing. Juan José Peralta Dardón
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

**ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORA EN LA EFICIENCIA EN
EL DEPARTAMENTO DE PINTURA PARA UNA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN
LA EMPRESA MUEBLES Y DISEÑOS INDUSTRIALES MUDI**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 18 de julio de 2011.



Jennifer Guadalupe Rodríguez Xiquita

Guatemala, 27 de noviembre de 2013

Ingeniero
Cesar Ernesto Urquizú Rodas
Director Escuela
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería, USAC

Señor Director:

Atentamente me dirijo a usted para informarle que he tenido a bien asesorar el trabajo de graduación: **ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORA EN LA EFICIENCIA EN EL DEPARTAMENTO DE PINTURA PARA UNA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN LA EMPRESA MUEBLES Y DISEÑOS INDUSTRIALES MUDI**, de la estudiante **JENNIFER GUADALUPE RODRÍGUEZ XIQUITA**; previo a optar por el título de Ingeniera Industrial.

Al respecto quiero indicarle que luego de efectuadas las revisiones y correcciones del caso, encuentro satisfactorio el trabajo, por lo que procedo a aprobarlo y remitirlo a usted para el trámite correspondiente.

Atentamente,



Ingeniero Industrial

Sergio Fernando Pérez Rivera
Colegiado Activo No. 1551

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

REF.REV.EMI.076.014

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORA EN LA EFICIENCIA EN EL DEPARTAMENTO DE PINTURA PARA UNA PRODUCCIÓN MAS LIMPIA EN LA EMPRESA MUEBLES Y DISEÑOS INDUSTRIALES MUDI**, presentado por la estudiante universitaria **Jennifer Guadalupe Rodríguez Xiquita**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

INGA. KARLA MARTÍNEZ
Colegiada 5,706

Inga. Karla Lizbeth Martínez Vargas
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, mayo de 2014.

/mgp



El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORA DE LA EFICIENCIA EN EL DEPARTAMENTO DE PINTURA PARA UNA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN LA EMPRESA MUEBLES Y DISEÑOS INDUSTRIALES MUDI**, presentado por la estudiante universitaria **Jennifer Guadalupe Rodríguez Xiquita**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. César Ernesto Urquiza Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, mayo de 2015.

/mgp



DTG. 227.2015

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **ANÁLISIS Y PROPUESTA DE MEJORA EN LA EFICIENCIA EN EL DEPARTAMENTO DE PINTURA PARA UNA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN LA EMPRESA MUEBLES Y DISEÑOS INDUSTRIALES MUDI**, presentado por la estudiante universitaria: **Jennifer Guadalupe Rodríguez Xiquita**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Angel Roberto Sic García
Decano en Funciones

Guatemala, 25 de mayo de 2015



/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por ser guía y luz de mi camino y mi vida, por darme fuerzas para seguir y no desmayar en los momentos difíciles, por enseñarme día a día que con fe y amor todo es posible.
- Virgen María** Por ser consuelo de mis penas y lágrimas, por llenarme de amor y fe cada día.
- Mi madre** Violeta Xiquita, por todo su amor, apoyo, comprensión y por ser ejemplo e inspiración de todas mis acciones.
- Mi padre** Baltazar Rodríguez, por su amor, sus palabras de aliento, consejos y ser ejemplo de fortaleza.
- Mis hermanos** Mauricio y Allison Rodríguez, por su comprensión, sonrisas, juegos, apoyo y compañía a lo largo de mi vida.
- Guillermo Alvarado** Por ser un maravilloso hombre, por compartir conmigo los buenos y malos momentos, por ser la más grande bendición de mi vida, mi más grande motivación y por brindarme su amor sincero e incondicional.

Mis mejores amigos

Alan del Cid, Márylyn Rojas, Caroll Jiménez, Roberto Sampuel y Eddy Solares, por todos los años de amistad que tenemos, el cariño inmenso que me han proporcionado y por todos los momentos de amistad que nos depara el futuro.

Mis amigos

Sucely Herrera, Evelyn Tista, Alejandra Santizo, Andrés Forno, David Manrique, Vera Illescas, Jaqueline Lara, Erick de León, Alejandro Arévalo y Cristian Monterroso, por acompañarme durante este largo camino, por compartir alegrías y tristezas y brindarme su amistad sincera e irremplazable.

AGRADECIMIENTOS A:

Mis padres y hermanos	Por todo su apoyo, este triunfo es gracias a ustedes y para ustedes.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser mi casa de estudios y ser gran influencia en mi carrera profesional.
Facultad de Ingeniería	Por formarme profesionalmente
Muebles y Diseños Industriales	Por abrirme las puertas de la empresa y permitir la realización de este trabajo.
Sergio Fernando Pérez Rivera	Por su asesoría, dedicación y contribución a la elaboración de este trabajo.
Cástula Argelia García de Corado	Por creer en mí y darme esa primera oportunidad para iniciar mi carrera profesional.
Mis compañeros de trabajo	Por todo su apoyo y aliento para lograr este triunfo y por demostrarme que además de ser compañeros de trabajo, somos amigos.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS.....	IX
GLOSARIO.....	XI
RESUMEN.....	XV
OBJETIVOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	XIX
1. ANTECEDENTES GENERALES.....	1
1.1. Información general.....	1
1.1.1. Misión.....	2
1.1.2. Visión.....	3
1.1.3. Política de calidad.....	3
1.1.4. Localización.....	4
1.1.5. Organigrama.....	5
1.2. Planteamiento de la pintura industrial y de Producción más Limpia.....	5
1.2.1. Pintura industrial.....	6
1.2.2. Contaminantes de la pintura.....	7
1.2.3. Métodos de aplicación de la pintura.....	7
1.2.4. Producción más Limpia.....	11
2. DIAGNÓSTICO.....	15
2.1. Área de trabajo.....	15
2.2. Descripción del equipo.....	16
2.2.1. Maquinaria.....	16

2.2.2.	Herramientas	22
2.3.	Materiales	27
2.4.	Mano de obra	31
2.5.	Seguridad e higiene	33
2.6.	Descripción del proceso	37
2.6.1.	Diagrama de operaciones.....	43
2.6.2.	Diagrama de flujo	43
2.6.3.	Diagrama de recorrido actual	43
2.7.	Análisis de desempeño	50
2.7.1.	Rendimiento	50
2.7.2.	Costo de producción.....	51
2.7.3.	Eficiencia.....	67
3.	PROPUESTA DE MODELO DE MEJORA.....	71
3.1.	Propuesta de nueva área de trabajo	71
3.2.	Propuesta de nueva maquinaria y herramienta	72
3.3.	Descripción del nuevo proceso	74
3.3.1.	Diagrama de operaciones.....	76
3.3.2.	Diagrama de flujo	77
3.3.3.	Diagrama de recorrido	77
3.4.	Detalles de la mano de obra.....	83
3.5.	Detalles de la seguridad e higiene.....	83
3.6.	Calculo de costos	85
3.6.1.	Planilla.....	85
3.6.2.	Materiales.....	86
3.6.3.	Costo de producción.....	91
3.6.4.	Flujo de caja	92
3.6.4.1.	Valor presente neto	95
3.6.4.2.	Relación beneficio - costo.....	97

3.7.	Proyección operacional	98
3.7.1.	Rendimiento.....	98
3.7.2.	Eficiencia	99
4.	IMPLANTACIÓN DEL MODELO PROPUESTO	101
4.1.	Plan de acción	101
4.1.1.	Implementación del plan	101
4.1.2.	Entidades responsables.....	103
4.1.2.1.	Gerencia	103
4.1.2.2.	Taller.....	103
4.2.	Modificaciones de ambiente	104
4.3.	Modificaciones de maquinaria	105
4.4.	Costos	105
4.4.1.	Planilla	106
4.4.2.	Materiales	106
4.4.3.	Costo de producción	107
4.4.4.	Otros gastos	107
4.5.	Capacitación a personal	108
5.	IMPACTO AMBIENTAL.....	111
5.1.	Situación actual	111
5.1.1.	Contaminantes.....	111
5.1.2.	Energía eléctrica	113
5.1.3.	Aguas residuales	114
5.1.4.	Desechos sólidos.....	114
5.2.	Proyección.....	114
5.2.1.	Contaminantes.....	115
5.2.2.	Energía eléctrica	115
5.2.3.	Aguas residuales	116

5.2.4.	Desechos sólidos	116
5.3.	Plan de contingencia	118
5.4.	Manejo de desechos	123
6.	MEJORA CONTINUA DEL MODELO	125
6.1.	Resultados proyectados	125
6.1.1.	Interpretación	125
6.1.2.	Aplicación	126
6.2.	Proceso de mejora	126
6.3.	Mantenimiento preventivo	127
6.4.	Mantenimiento correctivo	128
6.5.	Ventajas y beneficios	128
	CONCLUSIONES	131
	RECOMENDACIONES	133
	BIBLIOGRAFÍA	135
	ANEXOS	137

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Organigrama MUDI	5
2.	Flujo de materiales	12
3.	Croquis de planta MUDI	15
4.	Croquis de la cabina de pintura actual	17
5.	Exterior cabina de pintura	18
6.	Extractor de aire actual	20
7.	Compresor de aire	21
8.	Pistola de aplicación actual	23
9.	Colador metálico	24
10.	Bases y ganchos	25
11.	Recipientes y herramientas para mezclar	26
12.	Estantería actual de materiales pintura	31
13.	Equipo de protección personal	36
14.	Diagrama de operaciones actual	44
15.	Diagrama de flujo de operaciones actual	46
16.	Diagrama de recorrido actual	49
17.	Propuesta de distribución para el Departamento de Pintura MUDI.....	71
18.	Propuesta de nueva cabina de pintura	73
19.	Diagrama de operaciones propuesto.....	78
20.	Diagrama de flujo de operaciones propuesto	80
21.	Diagrama de recorrido propuesto	82
22.	Empaque secundario pintura en polvo	116
23.	Empaque primario pintura en polvo.....	117

TABLAS

I.	Coordenadas de localización de MUDI	4
II.	Planilla MUDI.....	32
III.	Perfil del puesto de trabajo pintor	32
IV.	Muestras de datos	40
V.	Calificaciones	41
VI.	Suplementos.....	41
VII.	Tiempo normal y tiempo estándar.....	42
VIII.	Área total	51
IX.	Sueldos nominales individuales mensuales	52
X.	Sueldo nominal total mensual	52
XI.	Descuentos obligatorios individuales mensuales	53
XII.	Descuentos obligatorios totales mensuales	53
XIII.	Sueldos líquidos individuales mensuales.....	54
XIV.	Sueldos líquidos totales mensuales.....	54
XV.	Prestaciones patronales individuales mensuales.....	55
XVI.	Prestaciones patronales totales mensuales	55
XVII.	Prestaciones laborales individuales mensuales	56
XVIII.	Prestaciones laborales totales mensuales	56
XIX.	Total nómina mensual	57
XX.	Resumen mano de obra mensual método actual.....	57
XXI.	Mano de obra directa semanal actual	58
XXII.	Costo de lámina actual por tipo de mueble	59
XXIII.	Costo semanal actual de láminas	60
XXIV.	Área superficial y color según tipo de mueble.....	61
XXV.	Costo de pintura actual por cada tipo de mueble	62
XXVI.	Costo semanal actual de pintura.....	63
XXVII.	Gastos de fabricación actuales semanales	63

XXVIII.	Costo semanal unitario actual por tipo de mueble	64
XXIX.	Costo total semanal actual por tipo de mueble	65
XXX.	Costo de producción semanal actual.....	66
XXXI.	Precio de venta unitario método actual	67
XXXII.	Ventas semanales actuales por tipo de mueble	68
XXXIII.	Ganancias semanales actuales por tipo de mueble	69
XXXIV.	Eficiencia semanal actual.....	70
XXXV.	Datos método propuesto	75
XXXVI.	Mano de obra semanal propuesta.....	85
XXXVII.	Costo de pintura unitario propuesto.....	87
XXXVIII.	Costo semanal de pintura propuesto.....	88
XXXIX.	Costo unitario semanal de lámina propuesto.....	89
XL.	Gastos de fabricación semanales propuesto.....	89
XLI.	Costo unitario de producción propuesto	90
XLII.	Costo de producción semanal propuesto	91
XLIII.	Estado de pérdidas y ganancias semanal propuesto	92
XLIV.	Precio de venta unitario propuesto	93
XLV.	Ingresos semanales propuesto	93
XLVI.	Flujo de caja método propuesto	94
XLVII.	Flujo neto método propuesto.....	96
XLVIII.	Resumen flujo neto del modelo propuesto	96
XLIX.	Ganancias semanales método propuesto	99
L.	Eficiencia semanal método propuesto.....	100
LI.	Plan de acción	102
LII.	Servicios profesionales modificaciones método propuesto.....	106
LIII.	Costo de materiales modificaciones método propuesto	106
LIV.	Costo total de modificaciones.....	107
LV.	Otros gastos modificaciones	107
LVI.	Agenda de capacitación al personal.....	109

LVII.	Consumo mensual energético actual	113
LVIII.	Consumo mensual energético método propuesto	115
LIX.	Plan de contingencia para el manejo del solvente	119
LX.	Plan de contingencia en caso de incendio	120
LXI.	Plan de contingencia en caso de terremoto	121
LXII.	Plan de contingencia en caso de electrocución	122
LXIII.	Datos finales método actual y método propuesto	125
LXIV.	Proceso de mejora continua	127
LXV.	Mantenimiento preventivo cabina propuesta	128

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
At	Área total
cm ³	Centímetro cúbico
dB	Decibel
ρ_r	Densidad específica
USD	Dólar americano
gal	Galón
° C	Grados centígrados
gr	Gramo
gr. /cm ³	Gramo por centímetro cúbico
HP	<i>Horse power</i>
Kg	Kilogramo
kPa	Kilopascal
kW	Kilowatt
kWh	Kilowatt por hora
Lb	Libra
m	Metro
m ²	Metro cuadrado
m ² /kg	Metro cuadrado por kilogramo
m ² / litro	Metro cuadrado por litro
m ³	Metro cúbico
m ³ /h	Metro cúbico por hora
mm ³ /s	Milímetros cúbicos por segundo

min	Minuto
%	Porcentaje
Q.	Quetzales
n	Referencia número n
R	Rendimiento

GLOSARIO

Aspersión	Dispersión de pintura líquida en finas gotas mediante el mecanismo de la pistola de aplicación.
B/C	Relación beneficio – costo.
Calificaciones	Asignación porcentual del desempeño de un operario al realizar determinada actividad productiva.
Carga electrostática	Propiedad física intrínseca de algunas partículas subatómicas que se manifiesta mediante fuerzas de atracción y repulsión entre ellas.
Caudal	Cantidad de volumen o masa área dada en la unidad de tiempo.
Contaminante	Materia indeseable generada por el proceso productivo, presente en el medio ambiente, generalmente con efectos peligrosos para la salud.
Curado	Proceso de aplicación de calor mediante el cual, la pintura líquida se endurece con todos los demás pigmentos y aditivos que la compone, creando un recubrimiento sólido y adherido a la superficie.

Densidad específica	Cantidad de masa contenida en un determinado volumen de una sustancia.
Electrodo	Conductor eléctrico utilizado para hacer contacto con una parte no metálica de un circuito.
Horneado	Sinónimo de curado.
Overspray	Aplicación de partículas pintura en esmalte líquido en áreas no deseadas.
Pigmento	Sustancia natural o artificial que da color y que se utiliza en la fabricación de pinturas.
Purgación	Limpieza del compresor, eliminando restos sólidos y líquidos que pudieren existir dentro del mismo.
SI	Sistema métrico internacional.
Suplementos	Asignación porcentual de las concesiones por trabajo, esfuerzo y condiciones ambientales a un operario al realizar determinada actividad.
Tiempo estándar	Tiempo requerido para terminar una unidad de trabajo, utilizando método y equipo estándar, por un trabajador que posee la habilidad requerida, desarrollando una velocidad estándar que pueda mantener día tras día, sin mostrar síntomas de fatiga.

Tiempo normal	Tiempo requerido por el operario normal para realizar la operación cuando trabaja con velocidad normal, sin ninguna demora por razones personales o circunstancias inevitables.
VPC	Valor presente de costo.
VPI	Valor presente de ingresos.
VPN	Valor presente neto.

RESUMEN

Muebles y Diseños Industriales (MUDI) es una empresa dedicada a la elaboración de muebles metálicos para hospitales y clínicas, entre otros. El trabajo de investigación, que a continuación se presenta, consiste en analizar la posibilidad de realizar el cambio del sistema de pintura de esmalte actual, por un sistema de pintura en polvo con enfoque a la Producción más Limpia.

Se realizó un diagnóstico de la situación actual del Departamento de Pintura de MUDI, para lo cual se llevó a cabo un estudio de tiempos, análisis de costos y eficiencias para identificar las oportunidades de mejora. Se determinó que la empresa no lleva un control adecuado del uso de la pintura en esmalte y que las eficiencias de método actual son insatisfactorias.

Mediante la proyección de tiempos, costos y eficiencias del método propuesto se determinó que existe la posibilidad de reducir costos en la pintura y que con la implementación del método propuesto se puede llegar a tener una mejor utilidad, menor desperdicio de pintura y generación de contaminantes y desechos.

Finalmente se establece un plan de acción para la implementación del método propuesto, así como un procedimiento de mejora continua para la totalidad de los departamentos de MUDI.

OBJETIVOS

General

Proponer una mejora enfocada a Producción más Limpia en la eficiencia del Departamento de Pintura.

Específicos

1. Determinar el rendimiento de pintura utilizando información recolectada por la empresa.
2. Identificar los contaminantes producidos.
3. Disminuir el tiempo del proceso utilizando una cabina para pintura en polvo.
4. Disminuir la emisión de contaminantes mediante la eliminación de solventes.
5. Diseñar una capacitación para el personal sobre el modelo propuesto.

INTRODUCCIÓN

En el proceso de manufactura de muebles hospitalarios de metal, uno de los pasos más importantes del proceso es el recubrimiento de los mismos, ya sea por estética o para la protección, por lo cual se debe tener conocimiento de los sistemas de recubrimiento, maquinaria y tipos de pintura que se tienen para este fin.

Una de las preocupaciones más importantes para la industria mundial es el medio ambiente, debido al rápido deterioro del mismo. Organizaciones internacionales han manifestado interés en este tema y preocupación por el daño causado.

Una muestra de la voluntad de la industria empresarial, para conservar y recuperar el medio ambiente, es el surgimiento de nuevas tendencias de producción amigables al ambiente, como es la llamada Producción más Limpia. Este término es usado internacionalmente para lograr la reducción de impactos ambientales de procesos, productos y servicios a través del uso de mejores estrategias, métodos y herramientas de gestión, entre los métodos relacionados incluyen negocios verdes, negocios sustentables, ecoeficiencia y minimización de los residuos.

El trabajo de investigación propone aplicar estrategias, métodos y herramientas de gestión en el Departamento de Pintura de la empresa Muebles y Diseños Industriales (MUDI), para mejorar la eficiencia del mismo de una manera ecoamigable.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. Información general

Muebles y Diseños Industriales, desde ahora referida como MUDI, es una empresa que se dedica al diseño y fabricación de muebles hospitalarios e industriales.

Fundada en 1989, iniciando operaciones en la zona 11 de la ciudad de Guatemala. Desde el inicio ha trabajado muebles hospitalarios y de laboratorio, incrementando, con el tiempo, las líneas de productos y fortaleciendo las demás líneas que demanda el mercado.

Por medio de la trayectoria de la empresa, el servicio al cliente y la calidad de los productos, MUDI ha obtenido el conocimiento y experiencia para el diseño y construcción de muebles con los requerimientos de uso adecuados, tomando en cuenta las medidas antropométricas estándar, las necesidades del paciente y las necesidades del personal médico y de asistencia.

La cartera de clientes de la empresa se compone principalmente de entidades como el Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS) y las distintas unidades del mismo, y otras entidades de salud del Estado. Además se atiende a clínicas, hospitales y corporaciones del área de salud de carácter privado y a clientes particulares.

Con más de 20 años de operaciones, MUDI cuenta en las actuales instalaciones con un área de 420 metros cuadrados, que incluyen las áreas de producción y administración.

Dentro de las líneas de productos que se manejan en la empresa están las siguientes:

- Muebles medico hospitalario: camillas de transporte, carros de urgencia, carros de curaciones, camas *fowler*, cunas, mesas de inspección, mesas de mayo, mesas de parto, atriles, biombos, entre otros.
- Muebles industriales: mesas de acero inoxidable, gabinetes de laboratorio, bancos y mesas de trabajo, estanterías, puertas de acero inoxidable, gabinetes eléctricos, entre otros.
- Muebles de restaurante: mesas de cafetería, sillas, bancos, mostradores, mesas calientes, lavatrastos, lavamanos de acero inoxidable, entre otros.

1.1.1. Misión

La misión de MUDI es:

“Proporcionar soluciones a nuestros clientes, a través de la identificación de sus necesidades y nuestra experiencia, apoyados en nuestros colaboradores y en un sistema de gestión de calidad”.¹

¹ CÓRDOVA, Lourdes. *Quienes somos*. www.mueblesmudi.com. Consulta: 14 de mayo de 2013.

1.1.2. Visión

La visión de MUDI es:

“Ser la empresa líder en el mercado de la fabricación y venta de mueble médico - hospitalario e industrial, distinguiéndonos por dar a nuestros clientes satisfacción garantizada a sus necesidades”.²

1.1.3. Política de calidad

La política de calidad de MUDI es:

“Somos una empresa dedicada al diseño y fabricación de muebles hospitalarios e industriales para la satisfacción de las necesidades de nuestros clientes, para lo cual contamos con personal técnico capacitado y procesos enfocados a la calidad y mejora continua”.³

Para cumplir con la política de calidad la empresa ha adquirido un compromiso, siendo este el siguiente:

“Buscar la excelencia en la fabricación de nuestro mobiliario y cumplir con los requisitos exigidos por el mercado regional”.⁴

² CÓRDOVA, Lourdes. *Quiénes somos*. www.mueblesmudi.com. Consulta: 14 de mayo de 2013.

³ *Ibíd.*

⁴ *Ibíd.*

1.1.4. Localización

MUDI se encuentra ubicada en las siguientes coordenadas:

Tabla I. **Coordenadas de localización de MUDI**

Coordenadas UTM		Coordenadas geográficas	
Zona	15,00	Latitud	14,62
X	764140,14		
Y	1617620,74	Longitud	-90,55
Hemisferio	Norte		

Fuente: <https://www.google.com/maps>. Consulta: 14 de abril de 2013.

MUDI pertenece al grupo industrial 5, con categoría industrial IV, localización industrial D, lo cual la ubica entre los parámetros de la zona de tolerancia industrial I-9.

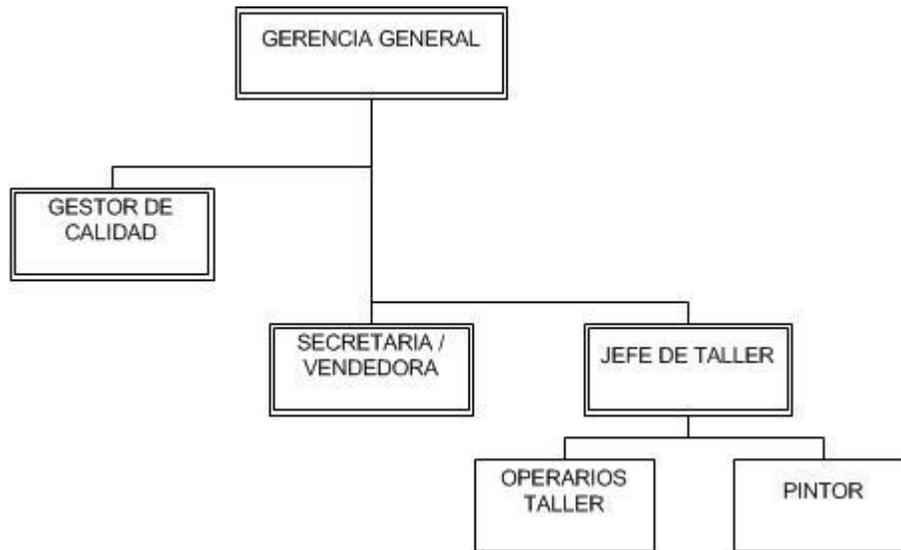
La zona I-9 se describe a continuación: limita al norte con la calzada Roosevelt, al sur con la 13 calle de la zona 11, al este con la 9 avenida de la misma zona, y al oeste la 20 avenida, excluyendo únicamente lo que constituye la totalidad de la lotificación Miraflores. Por tanto, la empresa está ubicada en una zona de tolerancia industrial adecuada a la actividad industrial

Las colindancias de la empresa son las siguientes: al norte con un parqueo público, al sur con una residencia particular, al este con una residencia particular y al oeste con una residencia particular

1.1.5. Organigrama

La empresa está constituida con el siguiente organigrama:

Figura 1. Organigrama MUDI



Fuente: CÓRDOVA, Lourdes, *Presentación MUDI*. p. 3.

1.2. Planteamiento de la pintura industrial y de Producción más Limpia

De acuerdo al uso que se le dé a la pintura, se pueden clasificar en pinturas de uso decorativo, pinturas de uso doméstico y pinturas de uso industrial. MUDI utiliza en los procesos productivos pintura industrial, a continuación se expone la sub clasificación de las mismas.

1.2.1. Pintura industrial

Una pintura industrial es un recubrimiento protector, decorativo, o con alguna función especial, aplicado sobre algún objeto.

Las pinturas industriales son clasificadas de muchas maneras, pero la más importante de las clasificaciones se hace con base en la presentación física, la cual puede ser en esmalte líquido o recubrimiento en polvo. A continuación las principales características de estos tipos de pintura:

- **Esmaltes líquidos**

Los esmaltes líquidos, también llamados pintura líquida, suelen estar compuestos en un 20 por ciento a 30 por ciento de ingredientes propios de la composición de la pintura, mientras que el resto de la composición está constituida por los pigmentos, los cuales dan el color, y el medio por el cual la pintura se adhiere a la superficie.

Son pinturas a base de solventes, forman la capa de pintura por evaporación de solventes, y alcanzan una dureza excepcional al exponerlas al calor, poseen un excelente acabado, brillo y dureza y encuentran la principal aplicación en la fabricación de muebles metálicos, electrodomésticos, bicicletas y artículos metálicos de decoración.

- **Recubrimientos en polvo**

Los recubrimientos en polvo son sólidos secos, estos recubrimientos no son pintura hasta que el objeto pintado sale del horno de secado. Son una mezcla física de pigmentos, resinas y aditivos, que cuando es aplicada sobre un

objeto metálico y expuesto a una fuente de calor se adhiere al objeto formando una capa de pintura.

1.2.2. Contaminantes de la pintura

La utilización de pintura en la fabricación de cualquier producto, genera contaminantes nocivos al ambiente y a las personas. La mayoría de pinturas contienen los siguientes contaminantes, vapores de los solventes de pintura y las partículas de pintura liberadas en el ambiente.

Los solventes se utilizan para facilitar la extensión de la pintura sobre la superficie, generalmente son volátiles y se evaporan en totalidad al momento de pasar al proceso de horneado. La composición típica de los solventes contiene acetona, tolueno, acetato de butilo y xileno. Todos estos contaminantes suelen tener un efecto anestésico en las personas y contaminan el ambiente.

Las partículas de pintura son aquellas que no fueron adheridas a la superficie y se propagaron al ambiente o a superficies secundarias, la mayoría de pinturas contiene plomo, cromo y cinc. Estos metales pesados en concentraciones altas pueden provocar envenenamiento, son peligrosos para el ambiente y cualquier ser vivo.

1.2.3. Métodos de aplicación de la pintura

El método de aplicación de la pintura depende del tipo de pintura a utilizar, esta investigación se enfoca en dos tipos de aplicación: el método de aplicación por aspersion y el método de aplicación electrostática. Antes de aplicar cualquier tipo de pintura por cualquier método, se debe realizar una preparación de la superficie.

- Pasos para la preparación de la superficie
 - Desoxidación: proceso de minimizar cualquier daño por corrosión o manchas por soldadura que presente la pieza a recubrir.
 - Desengrasado: es para remover el aceite, grasa y otras contaminaciones de la superficie del material con el fin de obtener una superficie limpia.
 - Enjuague: proceso para remover los químicos de la superficie del material y prevenir que esto dañe o cause imperfectos en la capa de pintura a aplicar. Para este proceso el agua de la tubería es aceptable después del primer paso de la preparación, pero el agua del enjuague final debe ser muy limpia para evitar problemas de adherencia y corrosión. La temperatura del agua a utilizar en el enjuague no debe exceder de 50 grados centígrados.
 - Luego de realizada la preparación de la superficie, se procede a aplicar la pintura por alguno de los siguientes métodos:

- Método de aplicación por aspersion

Este método es utilizado para aplicar esmaltes líquidos. Consiste en un compresor que proporciona aire a presión a una manguera conectada a la pistola de aplicación de pintura. La pistola es la parte principal del sistema, en ella se atomiza la pintura, por acción del aire a presión, para formar una nube de pequeñas gotas de pintura que se proyectan hacia la superficie, formando una capa de pintura líquida, luego de esto la superficie pintada debe ser horneada para que los solventes utilizados se evaporen y la pintura se adhiera permanentemente a la superficie

El método de aplicación por aspersión es más rápido que cualquier otro manual, si no se requiere un empapelado muy laborioso, puede ser usado en cualquier superficie. Con este método se obtiene un acabado suave y liso, se tiene mucha versatilidad en la aplicación, debido a la variedad de boquillas disponibles y los tamaños de recipientes de pintura que se pueden utilizar.

Este método presenta la mayor cantidad de desperdicio por *overspray*, no se puede utilizar en lugares abiertos o en donde haya tráfico, ya que se pueden pintar objetos secundarios. El exceso de pintura es el principal problema, ya que se generan vapores del solvente y pequeñas partículas de pintura.

Para trabajar en plantas de producción se necesita una cabina de aplicación, lo que conlleva a un sistema para eliminar el solvente del exceso de pintura que se encuentra en el aire.

Se tiene el riesgo de incendios y explosiones debido al manejo y almacenamiento de solventes, se requieren mascarillas de purificación del aire, además que las áreas circundantes deben de ser cubiertas. Si no se toman las precauciones indispensables, se corren riesgos para la salud, riesgos de incendio y contaminación al medio ambiente.

- Método de aplicación electrostática

Este método de aplicación de electrostática es utilizado para recubrimientos en polvo, no es contaminante, es usado en los países por las principales industrias de electrodomésticos, muebles metálicos, autopartes, así como en los recubrimientos industriales decorativos.

Para aplicar recubrimientos en polvo por medio de aspersión electrostática, se necesita utilizar 5 piezas de equipo.

- Unidad de alimentación de polvo.
- La pistola de electrostática o algún aparato de distribución.
- Fuente de voltaje electrostático.
- Unidad de recuperación de polvo.
- Cabina de aplicación.

Estas piezas constitutivas del sistema electrostático son las básicas a utilizar, aunque se pueden utilizar otras piezas para mejorar el funcionamiento del sistema.

El proceso de operación de aspersión electrostática es el siguiente: el polvo que se almacena en la unidad de alimentación se desplaza a la pistola por medio de una bomba a través de manguera, luego el polvo se lanza hacia la pieza a cubrir. Dos fuerzas son las que impulsan el polvo, estas son el aire que transporta el polvo y la carga electrostática de este, que se le imparte en la pistola.

Esta carga electrostática se le comunica al polvo por medio de un electrodo diseñado para trabajar a alto voltaje y poca corriente. Se forma una atracción eléctrica entre el polvo cargado y la pieza a pintar que está conectada a tierra, la cual hace que el polvo se adhiera a la pieza, el polvo en exceso se puede reutilizar, este se recupera en la unidad de recuperación, que lo separa del flujo de aire y puede ser devuelto a la unidad de almacenaje, ya sea manual o automáticamente.

El aire se hace pasar por filtros para eliminar cualquier residuo de polvo, y puede ser reutilizado o liberado al ambiente. Después que la pieza ha sido recubierta con el polvo esta pasa a la sección de horneo, este proceso es similar al horneo de los esmaltes líquidos y no presenta diferencias considerables.

Entre las ventajas que este método tiene están las siguientes:

- Aproximadamente un 99 por ciento del polvo en exceso en el momento de aplicación puede ser reutilizado.
- No se utilizan solventes, por lo que todos los costos relacionados a estos se reducen o eliminan.
- Se reduce el costo por piezas rechazadas, ya que si por algún motivo una pieza está mal recubierta, a esta se le puede retirar el polvo con aire a presión y volver a recubrir antes de que sea horneada.

1.2.4. Producción más Limpia

De acuerdo al Centro Guatemalteco de Producción más Limpia (2008), Producción más Limpia es: “La aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva e integrada a procesos, productos y servicios para incrementar la eficiencia en general, y reducir los riesgos para los seres humanos y el ambiente”.⁵

Para los procesos de producción, la Producción más Limpia resulta de una medida, o la combinación de varias de ellas, que conserva materias primas, agua y energía, elimina materiales tóxicos y peligrosos, y reduce la cantidad y

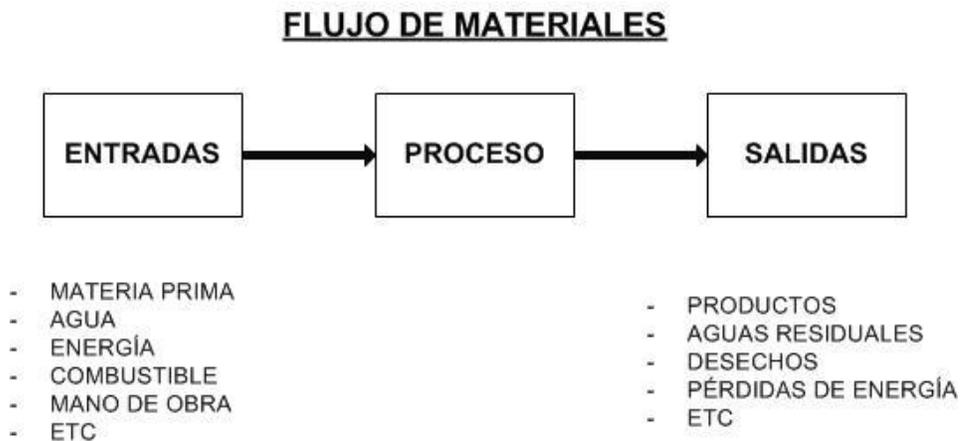
⁵ www.cgpl.org.gt. Consulta: 14 de mayo de 2013.

toxicidad de todas las emisiones y desechos en la fuente durante el proceso de producción.

Para la aplicación de Producción más Limpia es necesario evaluar el flujo de materiales e insumos, analizando la utilización de estos, los contaminantes que generan y las oportunidades de maximizar la utilización de estos.

Se presenta una representación gráfica de lo que es el flujo de materiales y los aspectos a evaluar en cada parte del mismo.

Figura 2. **Flujo de materiales**



Fuente: elaboración propia.

Producción más Limpia tiene ocho prácticas que ayudan a maximizar la utilización de los recursos, estas son:

- Buen mantenimiento.
- Sustitución de materias primas.
- Mejor control de proceso.

- Modificación del proceso.
- Cambio de tecnología.
- Recuperación o reciclaje.
- Modificación del producto.
- Utilización eficiente de la energía.

Bajo estas ocho prácticas se realizó un diagnóstico, presentado en el siguiente capítulo.

2. DIAGNÓSTICO

2.1. Área de trabajo

La empresa cuenta con un área total 420 metros cuadrados, incluida el área de oficinas, a continuación se muestra un croquis de planta.

Figura 3. Croquis de planta MUDI



ESCALA 1:400 MEDIDAS EXPRESADAS EN METROS

Fuente: elaboración propia, con programa de Microsoft Office Visio 2010.

2.2. Descripción del equipo

Para realizar la aplicación de pintura industrial, utilizando el método de aplicación por aspersion, MUDI cuenta con la maquinaria y equipo adecuados, a continuación se describen los mismos.

2.2.1. Maquinaria

La maquinaria utilizada en el proceso de pintura es la siguiente:

- Cabina de pintura

La cabina de pintura es una estructura metálica cerrada que la misma empresa fabricó, dentro de esta se lleva a cabo el proceso de pintura de los muebles. Está equipada con la iluminación adecuada, sistema de extracción de aire y los dispositivos de aplicación de pintura necesarios.

El objeto principal de utilizar la cabina de pintura es tener un área determinada para llevar a cabo el proceso de pintura y mantener el ambiente del taller libre de partículas de pintura y contaminantes, realizar el proceso de pintura dentro de la cabina permite aislar las partículas de pintura dentro de esta y previene que otras estructuras se vean afectadas por estas partículas.

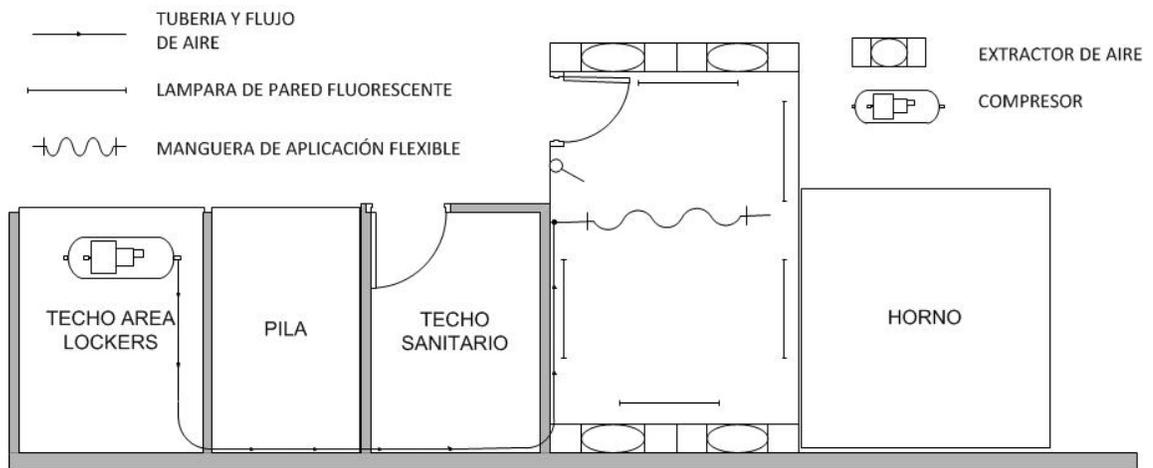
La empresa no cuenta con un plan de mantenimiento y/o un plan de limpieza para la cabina de pintura. Además, no se lleva registro de los servicios de mantenimientos realizados.

Las condiciones de trabajo de la cabina son aceptables pero es necesario realizar un servicio de mantenimiento preventivo, una limpieza

general y crear una planificación y registro de los servicios de mantenimiento y limpieza.

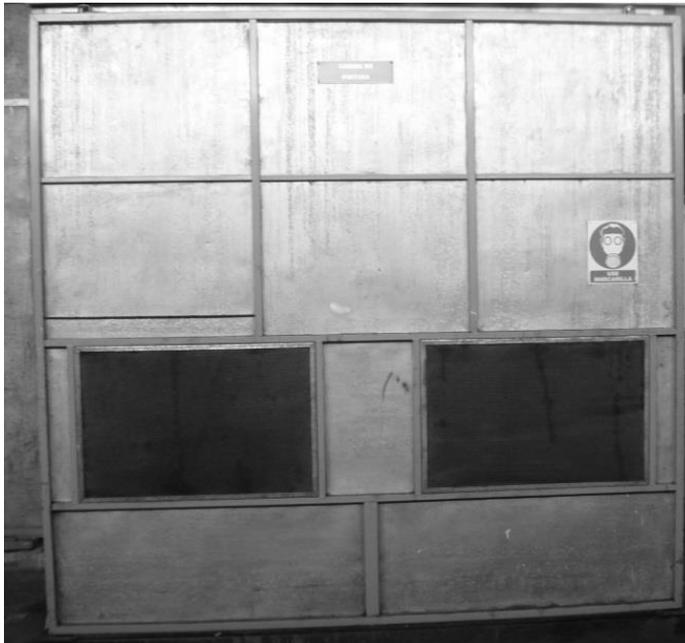
A continuación se presenta un croquis de cómo se encuentra estructurada la cabina de pintura y una fotografía del exterior de la cabina.

Figura 4. **Croquis de la cabina de pintura actual**



Fuente: elaboración propia, con programa de Microsoft Office Visio 2010.

Figura 5. **Exterior cabina de pintura**



Fuente: Departamento de Pintura de MUDI.

- **Extractor de aire**

Un extractor de aire es un aparato mecánico utilizado para la sustitución de una porción de aire que se considera indeseable.

La cabina de pintura cuenta con extractores de aire, los cuales realizan dos acciones, la primera acción es: extraer el aire con partículas de pintura, pasarlo por un filtro, donde se retienen las partículas y liberar el aire limpio al ambiente, la segunda acción es: ingresar aire del ambiente hacia la cabina para mantener la circulación necesaria para el proceso de pintura y para asegurar la salud del trabajador.

Los detalles técnicos del extractor de aire que utiliza la empresa son los siguientes:

- Extractor modelo TTB-400.
- 1 500 revoluciones por minuto.
- Potencia de $\frac{1}{2}$ *horse power*, el equivalente en el sistema internacional es de 0,67 kilowatts.
- Voltaje 127 voltios.
- Corriente 5 amperios.
- Caudal de descarga 3 858 metros cúbicos por hora.
- Nivel sonoro de 77 decibeles.
- Peso aproximado de 13 kilogramos.
- Diámetro de 0,47 metros y altura de 0,63 metros.

El extractor de aire se encuentra ubicado dentro de la cabina de pintura, los filtros del mismo han sido sustituidos por nuevos y sus condiciones de trabajo son aceptables.

Se realizan servicios de mantenimiento y limpieza del extractor, pero no se guarda registro de los mismos, por lo cual es necesario crear una planificación y registro de los servicios de mantenimiento y limpieza.

Figura 6. **Extractor de aire actual**



Fuente: Departamento de Pintura de MUDI.

- **Compresor de aire**

El compresor de aire es dispositivo que recibe aire, lo comprime en tanque a presión, para después liberarlo en una ruta específica. Este dispositivo es el que permite la aplicación de la pintura por el método de aspersión.

La empresa utiliza el compresor de aire de la siguiente manera: el compresor libera el aire en una tubería rígida anclada a la pared, al final la tubería se une a una válvula, donde se regula la presión del aire y este es liberado a una manguera de plástico flexible adaptada a la pistola de aplicación.

Los detalles técnicos del compresor de aire que utiliza la empresa son los siguientes:

- Compresor Vertical Campbell Hausfeld Maxus EX8200.
- Corriente de 15 amperios.

- Potencia de 2 *horse power*, el equivalente en el sistema internacional es de 1,50 kilowatt.
- Almacenaje de 26 galones, su equivalente en el sistema internacional es de 0,098 metros cúbicos.
- Fuente de alimentación: accionado por aire comprimido.
- Peso: 178 libras, el equivalente en el sistema internacional es de 81 kilogramos.
- Longitud: 30 pulgadas, el equivalente en el sistema internacional es de 0,77 metros.
- Ancho: 57 pulgadas, el equivalente en el sistema internacional es de 1,45 metros.
- Altura: 27 pulgadas, el equivalente en el sistema internacional es de 0,70 metros.
- Proporciona un solo espacio para la manguera de aire.

Figura 7. **Compresor de aire**



Fuente: Departamento de Pintura de MUDI.

Debido a que la limpieza o purgación del tanque del compresor es parte del proceso de pintura, la empresa maneja un plan de limpieza del tanque del compresor, pero no para el resto de los componentes del compresor.

La empresa no cuenta con un plan de mantenimiento completo para el compresor. Además, no se lleva registro de los servicios de mantenimientos realizados.

Las condiciones de trabajo del compresor son aceptables, pero es necesario realizar un servicio de mantenimiento preventivo y crear una planificación y registro de los servicios de mantenimiento y limpieza.

2.2.2. Herramientas

Las herramientas utilizadas en el proceso de pintura son:

- Pistola de aplicación

La pistola es la parte principal del sistema, en ella se atomiza la pintura, por acción del aire a presión, para formar una nube de pequeñas gotas de pintura que se proyectan hacia el mueble, formando una capa de pintura.

El tipo de pistola utilizado es convencional, con una presión de entrada de 241 a 344 kilopascales, siendo está regulada para cumplir con la política de calidad de la empresa.

Figura 8. **Pistola de aplicación actual**



Fuente: Departamento de Pintura de MUDI.

El caudal de descarga de la pistola de aplicación varía desde los 4 milímetros cúbicos por segundo hasta los 18 milímetros cúbicos por segundo, pero para garantizar la calidad de la pintura la empresa tiene una política de regulación del caudal de la pistola, siendo el valor de este 2,5 milímetros cúbicos por segundo.

La pistola de aplicación cuenta con una serie de diferentes boquillas que proporcionan diferentes tipos de acabado y cuenta con un tanque removible, donde se almacena la pintura líquida para ser atomizada, con capacidad para 2 litros.

El tanque y las boquillas reciben limpieza antes de utilizarlas en el proceso, pero el resto de la pistola de aplicación no, por lo cual es necesario realizar una limpieza completa.

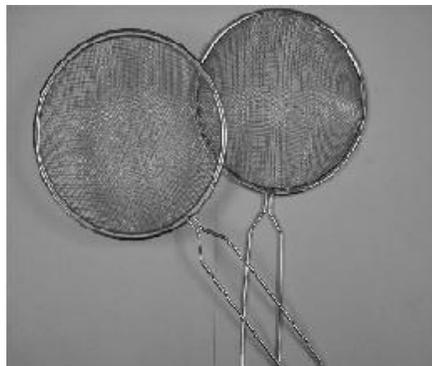
Las condiciones de trabajo de la pistola son aceptables, siempre y cuando la limpieza sea realizada de la manera adecuada, es necesario realizar un instructivo de limpieza, registro y documentación respectiva del plan de mantenimiento.

- Colador

Es un colador metálico que se utiliza para filtrar la pintura mezclada con solvente, antes de introducirla en el tanque de la pistola de aplicación, para asegurar que esta no lleve restos sólidos.

Estos coladores se limpian antes de ser utilizados. Cuando ya no pueden ser utilizados, son vendidos, junto con el resto de sobrantes de material, a una chatarrería.

Figura 9. **Colador metálico**



Fuente: Departamento de Pintura de MUDI.

- Base y ganchos

Se utilizan ganchos metálicos individuales en forma de S, para sujetar los muebles dentro de la cabina de pintura, estos mismos ganchos se utilizan para ingresar los muebles a la cabina, trasladarlos al horno y/o sujetarlos dentro del horno.

Las bases son estructuras metálicas movibles, en forma de cubo o paralelepípedo, que se utilizan para apoyar muebles que no pueden ser sostenidos por los ganchos debido al tamaño y peso. También son utilizadas dentro del horno cuando es necesario.

Estos ganchos y bases, son impregnados de pintura durante el proceso de aplicación, por lo cual existen en los colores más utilizados por la empresa. Cuando ya no pueden ser utilizados, son vendidos, junto con el resto de sobrantes de material, a una chatarrería.

Figura 10. **Bases y ganchos**



Fuente: Departamento de Pintura de MUDI.

- Recipientes y herramientas para mezclar

Los recipientes utilizados para la preparación de la pintura son botes de pintura vacías, lata vacíos o botellas de plástico, de varias medidas, los cuales no poseen ningún tipo de sellado.

Para mezclar la pintura se utilizan sobrantes de hierros o tubos delgados, que existan en la empresa.

Figura 11. **Recipientes y herramientas para mezclar**



Fuente: Departamento de Pintura de MUDI.

Los recipientes y herramientas metálicas, cuando ya no pueden ser utilizados, son vendidos. Los de materiales plásticos, cuando ya no pueden ser usados, son desechados en el servicio de recolección de basura municipal.

Es importante señalar la falta de recipientes de medición para líquidos en la empresa, por lo que todas las medidas de líquidos que se realizan en la empresa son empíricas. Los líquidos utilizados en la empresa son: solvente *thiner*, agua y ácido.

2.3. Materiales

Los materiales utilizados en el proceso de pintura son:

- Pintura de esmalte

Las pinturas en esmalte están compuestas por una base de aceite. El pigmento de estas pinturas suele depositarse en el fondo del bote, separándose del diluyente incorporado, por lo que se debe remover hasta obtener una textura uniforme. Las pinturas de esmalte no deben mezclarse con pinturas acrílicas y tampoco debe pintarse con pintura de esmalte sobre una capa de acrílicas.

Las pinturas se encuentran almacenadas en un estante abierto en la oficina del jefe de taller, para que este pueda llevar el control de las mismas.

Debido a una política interna de compras, en la empresa no se mantiene una cantidad considerable de pintura o de algún otro material. La adquisición de pinturas se realiza cuando se recibe un pedido de muebles, por lo que la pintura almacenada en la empresa son sobrantes envasados en los recipientes originales o en recipientes improvisados.

Para el manejo de la pintura, el pintor toma la cantidad de pintura que el considere necesaria según el mueble, informa al jefe de taller la cantidad y procede a iniciar la preparación de la misma.

Algunas veces no se utiliza una cantidad de pintura preparada, y esta es almacenada en recipientes de lata o botellas de plástico, para luego ser ubicada en la estantería de pinturas. El jefe de taller maneja una hoja de control la

cantidad utilizada, pero no de la cantidad de pintura sobrante, por lo cual no se conoce el rendimiento real de la pintura.

La empresa maneja la siguiente política con respecto a la pintura: se prepara la superficie a pintar con un ácido fosfatado el cual limpia de impurezas tales como polvo, grasa y óxido, dejando una superficie virgen para la aplicación de la pintura horneable la cual se aplica con un espesor aproximado de 40 micras, dejando una dureza a lápiz tipo 3H. La limpieza es bastante eficiente y la resistencia a químicos y líquidos abrasivos de desinfección la hace uno de los mejores elementos de recubrimiento en mobiliarios y equipos médicos.

- Solvente

El solvente utilizado para este tipo de pinturas es el *thiner*, o también los solventes específicos como los que proporciona las mismas marcas de pintura. El solvente se encuentra ubicado en la estantería de las pinturas y solventes.

Se tiene normado usar la cantidad de solvente según instrucción del fabricante de las pinturas, no así, control sobre los sobrantes.

- Desengrasante

El desengrasante es una pasta que se aplica a los muebles, antes del proceso de pintura, con el fin de eliminar la grasa que contenga el material, se encuentra ubicado en la estantería de pinturas y solventes.

La empresa trabaja dos tipos de materiales, acero inoxidable, el cual no requiere de desengrasante, y acero común. El acero común es engrasado para

la protección, con una ligera capa de grasa que desaparece con el tiempo y con el manejo del material.

La empresa maneja una política de compras, la cual establece: la adquisición de las materias primas, láminas, perfiles y pinturas, se debe realizar hasta que la orden de producción es generada. Esta política minimiza los costos de almacenaje de materias primas, pero incrementa el tiempo de la preparación de la superficie, la cantidad de desengrasante y ácido utilizada en el proceso.

- Ácido

El ácido es un líquido que se aplica a los muebles antes del proceso de pintura con fin de eliminar la corrosión que contenga el material, se encuentra ubicado en la estantería de las pinturas y solventes.

El manejo del ácido es el mismo que el manejo del desengrasante, por lo que la cantidad de ácido utilizada es desconocida y no cuantificable, pues depende del tiempo y manejo que haya tenido el material.

- Lija

La lija debe ser de grano 60 o 80, se utiliza después desengrasar el mueble, para eliminar cualquier rastro de malos cortes o soldaduras de mala calidad.

El proceso de lijado es el punto principal de inspección del mueble, pues aquí se verifica que las especificaciones del mismo sean las correctas y que no tenga ningún defecto.

- Agua

El agua se utiliza en el proceso para remover los químicos de la superficie del material y prevenir que estos dañen la pintura. El agua que se utiliza en el enjuague es agua potable que brinda la empresa de agua nacional.

Existe límite de temperatura con respecto al enjuague, la temperatura del agua no debe exceder de 50 grados centígrados.

El volumen total de agua consumido es aproximadamente 30 metros cúbicos mensuales y la empresa está inscrita en la tarifa domiciliar.

- *Wippe*

Es un subproducto obtenido de las telas, es el desperdicio de estas y se utiliza como instrumento de limpieza. Es utilizado para aplicar y retirar el desengrasante, ácido o agua del mueble.

Todos los materiales de pintura se almacenan en una estantería de madera abierta, ubicada en la oficina del jefe de taller.

Figura 12. **Estantería actual de materiales pintura**



Fuente: Departamento de Pintura de MUDI.

2.4. Mano de obra

La jornada laboral que utiliza la empresa es diurna normal, trabajando 8 horas de lunes a viernes y 4 horas los días sábados.

En el proceso de pintura trabaja únicamente un empleado, el cual se apoya en otro trabajador de la empresa, cuando sea necesario, al momento de ingresar las piezas a la cabina o al trasladar al horno.

La plantilla laboral de MUDI se encuentra conformada de la siguiente manera:

Tabla II. **Planilla MUDI**

Nro.	Puesto	Cantidad
1	Gerente	1
2	Secretaria / vendedora	1
3	Gestor de calidad	1
4	Jefe de taller	1
5	Operarios taller	5
6	Pintor	1
Total		10

Fuente: elaboración propia.

A continuación se presenta el perfil del puesto de trabajo:

Tabla III. **Perfil del puesto de trabajo pintor**

Identificación del Puesto	
Nombre del puesto	Pintor
Descripción	Realiza el recubrimiento de pintura en la estructura del mueble
Funciones principales	Preparación/uso de pinturas y solventes Uso de equipo básico de pintura Aplicación de pintura según especificaciones de mueble y su preparación.
Inmediato superior	Jefe de Taller
Nivel de estudios	Nivel diversificado
Habilidades requeridas	Interpretación de instrucciones Manejo de equipo de pintura
Otros estudios	Conocimientos de pinturas y barniz
Experiencia laboral	De 1 a 2 años en Taller de pintura
Ergonomía	Complexión media Disposición a trabajos de banco (de pie)
Características personales	Buenas relaciones interpersonales Con iniciativa
Edad	De 18 a 40 años
Género	Masculino

Fuente: elaboración propia.

2.5. Seguridad e higiene

El equipo de seguridad que utilizan los colaboradores involucrados en el proceso de pintura son:

- Máscara respirador

Es una máscara especial que utiliza el encargado de pintura mientras aplica la pintura al mueble, esta máscara impide que ingresen a las vías respiratorias las partículas de pintura que no se adhieren al mueble u otra superficie.

Esta máscara también funciona como un respirador, presenta alta durabilidad, comodidad y seguridad, ofreciendo protección respiratoria contra una gran variedad de partículas y gases a través de cartuchos químicos mecánicos intercambiables, de acuerdo al cartucho escogido obtiene la protección contra polvos, nieblas, cloros, ácidos, entre otros.

- Gafas protectoras contra salpicadura

Son gafas de trabajo especiales, que protegen la vista del encargado de pintura, estos lentes son transparentes, sin distorsión y ergonómicos, esto permite al encargado de pintura realizar el trabajo sin molestias. Las gafas son utilizadas con el fin de evitar daños a la vista del encargado de pintura y junto con la máscara cubren y protegen todo el rostro.

- Buzo desechable Tivek

El buzo desechable es un traje de protección especial que cubre todo el cuerpo, dejando únicamente descubiertas las manos, los pies y el rostro. El material del que están hechos se llama Tivek, es un material ligero, fuerte, flexible, liso, opaco, no suelta pelusa y es resistente al agua, a los productos químicos, a la abrasión y el envejecimiento.

Estos buzos tratan de garantizar protección a la piel contra agentes químicos sólidos y húmedos liberados dentro de la cabina, a la vez protege la piel y ropas del encargado de pintura de cualquier contacto directo con la pintura, el rostro es protegido por la mascarilla y los lentes. El cabello del encargado de pintura es protegido por el buzo desechable.

Las manos son protegidas mediante la aplicación de vaselina en las mismas, la cual funge como protección del contacto con la pintura y permite al encargado de pintura manipular los muebles de una manera que la pintura ya aplicada no se vea afectada.

- Zapatos de cuero industriales

Debido a la naturaleza de los muebles, al peso y material del que están fabricados, es necesario que utilicen zapatos de cuero con punta de acero. Para evitar que los zapatos sean impregnados con partículas de pintura, se cubren con unos zapatones desechables.

- Lentes de seguridad

Se utilizan cuando el encargado de pintura se encuentra lijando el mueble, el objetivo es evitar las lesiones a la vista por ingreso de partículas extrañas a los ojos.

- Guantes de cuero

Se utilizan cuando el encargado de pintura se encuentra lijando el mueble, el objetivo es evitar las lesiones en las manos por cortes o raspaduras.

- Casco

Dentro del taller existe la norma de seguridad de uso obligatorio de casco protector, esto para evitar cualquier lesión por golpe en la cabeza. El único lugar donde no se utiliza casco es dentro de la cabina de pintura, pues dentro de esta no existe ningún riesgo de golpe en la cabeza.

El cabello se encuentra protegido por el buzo desechable Tivek que cubre la cabeza, adicional a esto se utiliza una redecilla protectora de cabello debajo de la capucha del buzo.

- Vestimenta

La vestimenta que se utiliza consisten en pantalones azules de lona gruesa, camisa polo de cualquier color y una bata azul de tela gruesa con el logo de la empresa bordado.

Figura 13. **Equipo de protección personal**



Fuente: www.sevemin.webnode.es. Consulta: 10 de julio de 2013.

En lo referente a la higiene del Departamento de Pintura se observó lo siguiente:

- El sistema de iluminación de la cabina funciona correctamente, utilizan lámparas incandescentes sujetas a las paredes de la cabina de pintura.
- El equipo de pintura no presenta fugas, pero no cuenta con plan de mantenimiento.
- Los colores del interior de la cabina son los adecuados para el tipo de trabajo.
- El sistema eléctrico del departamento se encuentra bien instalado y en buenas condiciones, pero no está señalizado de la manera correcta.
- Las mesas de trabajo se encuentran desniveladas y en malas condiciones.
- El piso del Departamento de Pintura es una torta de concreto.

- Las instalaciones sanitarias son insuficientes y estas dañadas.
- Los olores del sanitario contaminan el aire.
- El espacio es limitado y cuando se tiene un gran flujo de muebles es insuficiente, y es entonces cuando existen problemas de circulación dentro del taller y riesgos de accidentes.
- La estantería donde se almacenan los materiales de pintura es de madera, pero el resto de estanterías son metálicas.
- No hay extintor de incendios en la totalidad de la empresa.
- Existen dos rutas de evacuación, pero no están señalizadas y presentan riesgo de ser obstruidas.

2.6. Descripción del proceso

El proceso de pintura se divide en tres: la preparación de la superficie, la preparación de la maquinaria y materiales y el procedimiento de aplicación de la pintura.

La preparación de la superficie es el procedimiento que prepara el mueble armado para la aplicación de pintura. Para la correcta adherencia de la pintura al mueble es necesario obtener una superficie de metal sin grasa, polvo o suciedad. Siendo el procedimiento de preparación de la superficie el siguiente:

- Revisar datos en orden de producción.
 - Descripción de mueble.
 - Cantidad de mueble.
 - Tipo de pintura.
 - Color de aplicación.
- Recibir mueble o parte de mueble en el Departamento de Pintura.

- Aplicar una mezcla de ácido disuelto, el cual el operario aplica rápido y cuidadosamente, luego retira el ácido, antes de que este seque.
- Realizar un desengrasado.
- Lijar la superficie.
- Enjuagar la superficie.
- Trasladar el mueble a la cabina de pintura.

Al terminar se tiene el mueble con la superficie preparada para la aplicación de pintura.

Después de esto, el mueble no se debe de manipular con las manos, pues este se manchará con la grasa corporal, en caso que se deba manipular el mueble se deben utilizar los ganchos.

Si el siguiente paso (aplicación de pintura), no se realiza inmediatamente, el mueble se debe de almacenar fuera de los efectos de humedad o del manejo por personal ajeno a la operación.

La preparación de la maquinaria y materiales es el procedimiento que asegura que toda la maquinaria que se utiliza para el proceso de aplicación de pintura este en buenas condiciones y que todos los materiales estén en concordancia con la orden de producción. Se deben seguir los siguientes pasos:

- Preparar pintura (1 galón pintura + 10 por ciento galón solvente) y filtrar la pintura.
- Purgar el tanque del compresor y encender el compresor.
- Agregar a la pistola de aplicación la pintura ya preparada y realizar los ajustes de la pistola.

- Encender el extractor de aire de la cabina.

Luego de esto, ambas preparaciones se unen en un proceso único, la aplicación de la pintura. Para la correcta aplicación de la pintura en el mueble, se deben seguir los siguientes pasos:

- Colocar el mueble en la posición adecuada para pintarlo.
- Aplicar la primera mano de pintura (brizado).
- Dejar secar durante 5 minutos para seguir con la segunda mano de pintura.
- Aplicar la segunda mano de pintura.
- Retirar la pieza de la cabina de pintura.
- Llevar pieza al horno para secado.

Con la operación de traslado al horno finaliza el proceso de pintura. Los tiempos y distancias de la preparación de la superficie y la preparación de maquinaria y materiales.

La cantidad de observaciones a cronometrar fue calculada por medio de la tabla Westinghouse, ver anexo III, considerando que los operadores no tienen la especialización requerida.

A continuación se muestran los datos obtenidos, todos expresados en minutos.

Tabla IV. **Muestras de datos**

Operación	n1 (min)	n2 (min)	n3 (min)	n4 (min)	n5 (min)	Promedio (min)
Revisar orden de producción	2,80	2,26	2,89	2,30	2,43	2,54
Recepcionar el mueble	3,39	3,46	3,94	3,79	3,09	3,53
Aplicar y retirar ácido	15,74	15,70	15,46	15,30	15,02	15,44
Desengrasar	7,69	7,07	7,47	7,43	7,65	7,46
Lijar e inspeccionar el mueble	15,92	15,22	15,44	15,52	15,35	15,49
Enjuagar y secar el mueble	5,27	5,63	5,09	5,88	5,03	5,38
Trasladar a cabina de pintura	10,67	10,99	10,02	10,53	10,03	10,45
Preparar y filtrar pintura	10,41	10,73	10,96	10,61	10,69	10,68
Purgar el tanque del compresor y encender compresor	5,10	5,43	5,73	5,35	5,12	5,35
Agregar pintura a pistola y ajustar pistola	2,53	2,02	2,79	2,44	2,60	2,48
Encender extractor de aire	2,86	2,13	2,43	2,87	2,56	2,57
Colocar el mueble en ganchos y bases	5,95	5,33	5,87	5,61	5,73	5,70
Aplicar primera mano de pintura	2,23	2,36	2,16	2,62	2,06	2,29
Esperar secado	5,74	5,16	5,90	5,87	5,76	5,69
Aplicar segunda mano de pintura	5,80	5,62	5,25	5,39	5,76	5,56
Retirar el mueble de ganchos y bases	5,66	5,65	5,66	5,77	5,86	5,72
Trasladar el mueble a cabina de pintura	5,04	5,05	5,88	5,50	5,97	5,49
Total	112,80	109,81	112,94	112,78	110,71	111,81

Fuente: elaboración propia.

Con base en los datos de la tabla IV, se procede a la estandarización del proceso, utilizando las siguientes calificaciones y suplementos. La asignación de las calificaciones y suplementos fue realizada con base en el criterio del jefe de taller, utilizando como base los anexos I y II.

Tabla V. **Calificaciones**

Factor	Calificación	Porcentaje
Habilidad	B1	11,00
Esfuerzo	B2 excelente	8,00
Condiciones	Regulares	-3,00
Consistencia	Excelente	3,00
Total		19,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. **Suplementos**

Suplemento	Porcentaje
Necesidades personales	5,00
Fatiga	4,00
Trabajo de pie	2,00
Peso levantado por kilogramo (10kg)	3,00
Total	14,00

Fuente: elaboración propia.

Con los porcentaje de calificación y suplementos establecidos se procede al cálculo del tiempo normal y tiempo estándar, siendo los resultados los siguientes, todos expresados en minutos.

Tabla VII. **Tiempo normal y tiempo estándar**

Operación	Promedio (min)	Tiempo normal (min)	Tiempo estándar (min)
Revisar orden de producción	2,54	3,02	3,44
Recepcionar el mueble	3,53	4,21	4,79
Aplicar y retirar ácido	15,44	18,38	20,95
Desengrasar	7,46	8,88	10,12
Lijar e inspeccionar el mueble	15,49	18,43	21,01
Enjuagar y secar el mueble	5,38	6,40	7,30
Trasladar a cabina de pintura	10,45	12,43	14,17
Preparar y filtrar pintura	10,68	12,71	14,49
Purgar el tanque del compresor y encender compresor	5,35	6,36	7,25
Agregar pintura a pistola y ajustar pistola	2,48	2,95	3,36
Encender extractor de aire	2,57	3,06	3,49
Colocar el mueble en ganchos y bases	5,70	6,78	7,73
Aplicar primera mano de pintura	2,29	2,72	3,10
Esperar secado	5,69	6,77	7,71
Aplicar segunda mano de pintura	5,56	6,62	7,55
Retirar el mueble de ganchos y bases	5,72	6,81	7,76
Trasladar el mueble a cabina de pintura	5,49	6,53	7,45
Total	111,82	133,06	151,67

Fuente: elaboración propia.

La columna tiempo normal se obtiene a través de la siguiente fórmula:

$$T_n = T_p + T_p * \% \text{ Calificaciones}$$

Utilizando los datos de la primera operación:

$$T_n = 2,54 \text{ min} + (2,54 \text{ min} * 19 \%) = 3,02 \text{ min}$$

La columna tiempo estándar se obtiene a través de la siguiente fórmula:

$$T_s = T_n + T_n * \% \text{ Suplementos}$$

Utilizando los datos de la primera operación:

$$T_s = (3,02 \text{ min}) + (3,02 \text{ min} * 14 \%) = 3,44 \text{ min}$$

2.6.1. Diagrama de operaciones

El diagrama de operaciones representa todas las actividades, durante las cuales el mueble es transformado hasta su finalización, ver figura 14.

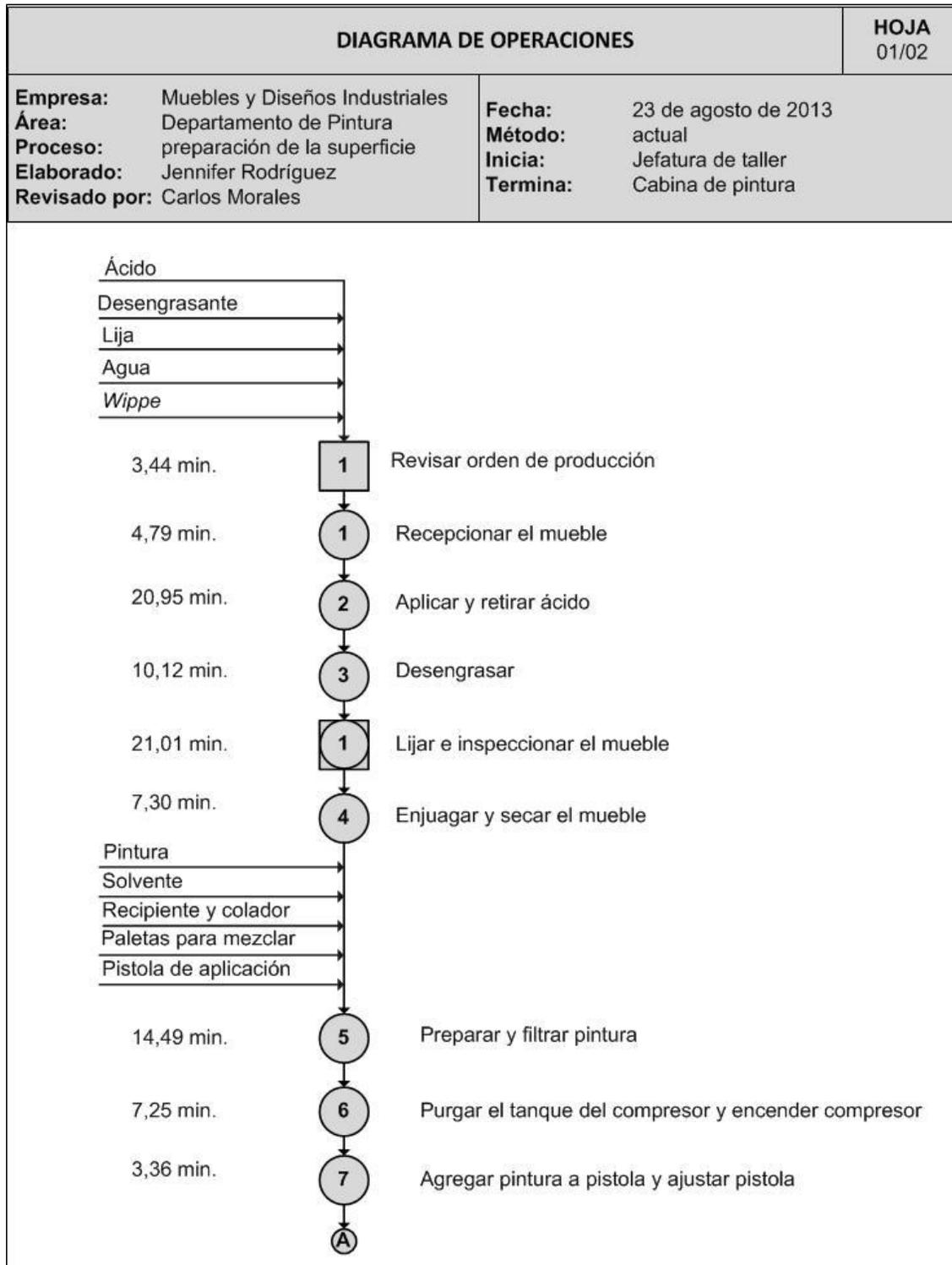
2.6.2. Diagrama de flujo

El diagrama de flujo de operaciones representa todas las actividades, que se realizan en el Departamento de Pintura, incluyen aquellas actividades en las que el mueble no es transformado, pero que son necesarias para finalizar el proceso productivo, ver figura 15.

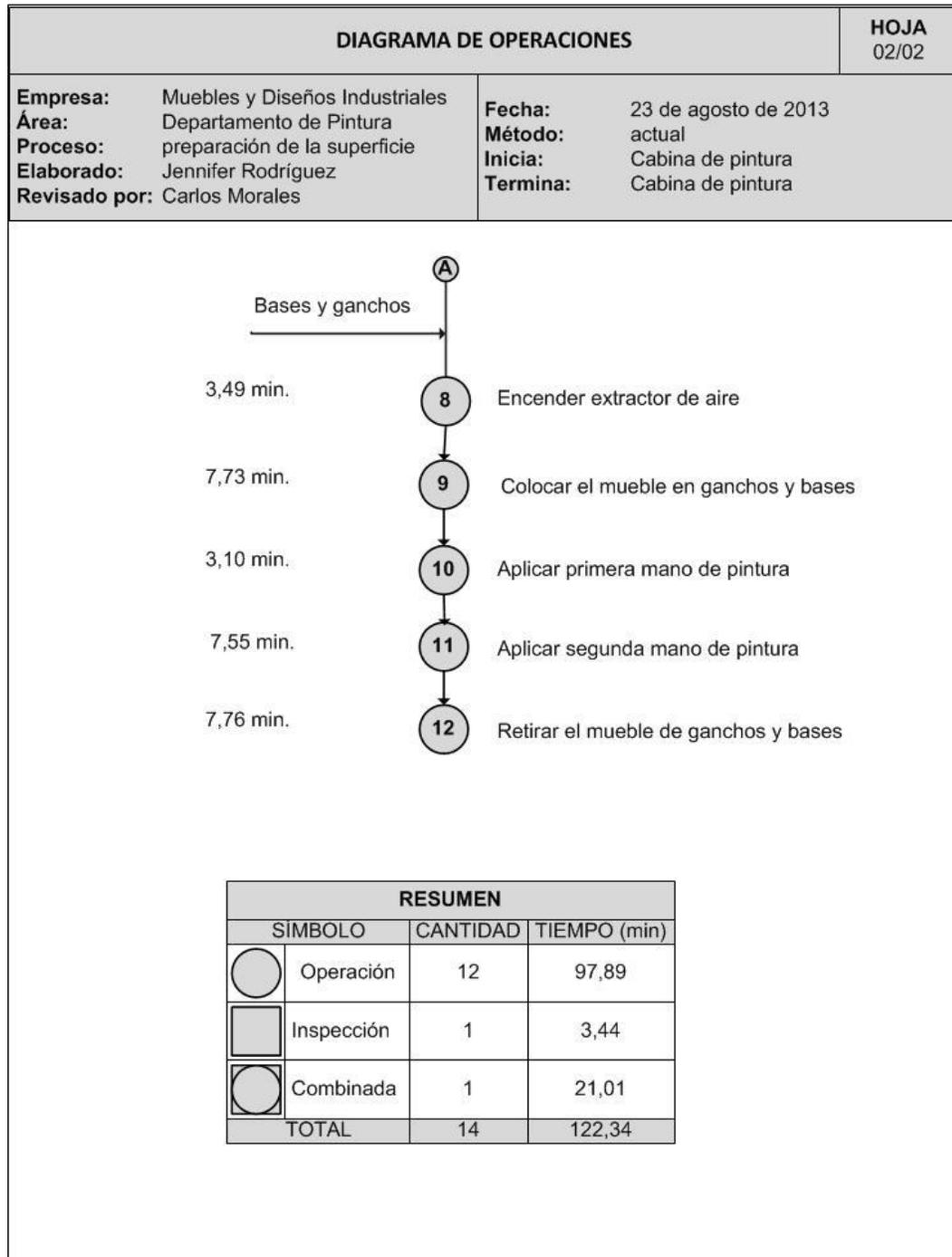
2.6.3. Diagrama de recorrido actual

El diagrama de recorrido representa sobre una vista de planta los lugares exactos en donde se realizan las actividades detalladas en el diagrama de flujo de operaciones, ver figura 16.

Figura 14. Diagrama de operaciones actual

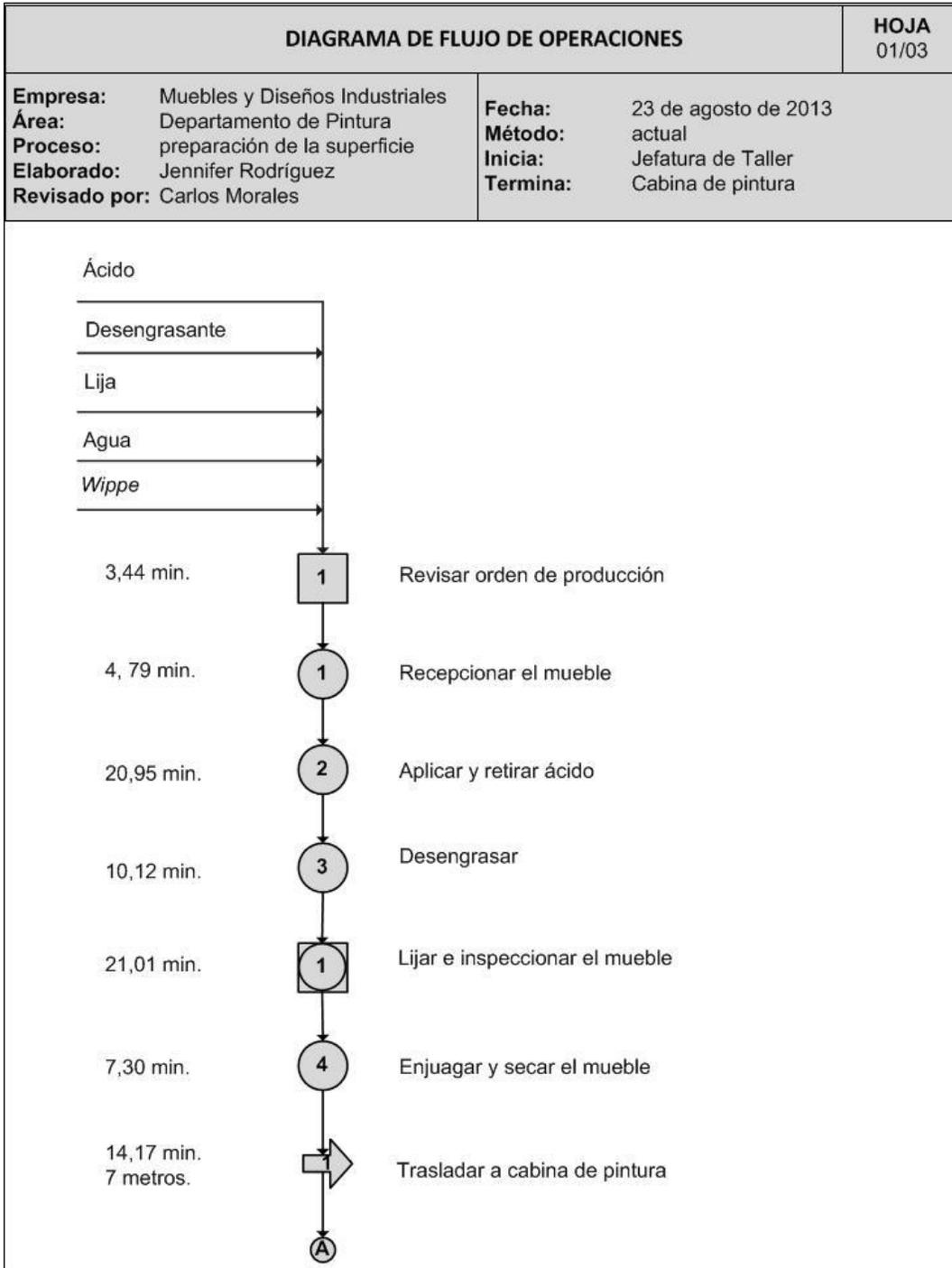


Continuación de la figura 14.

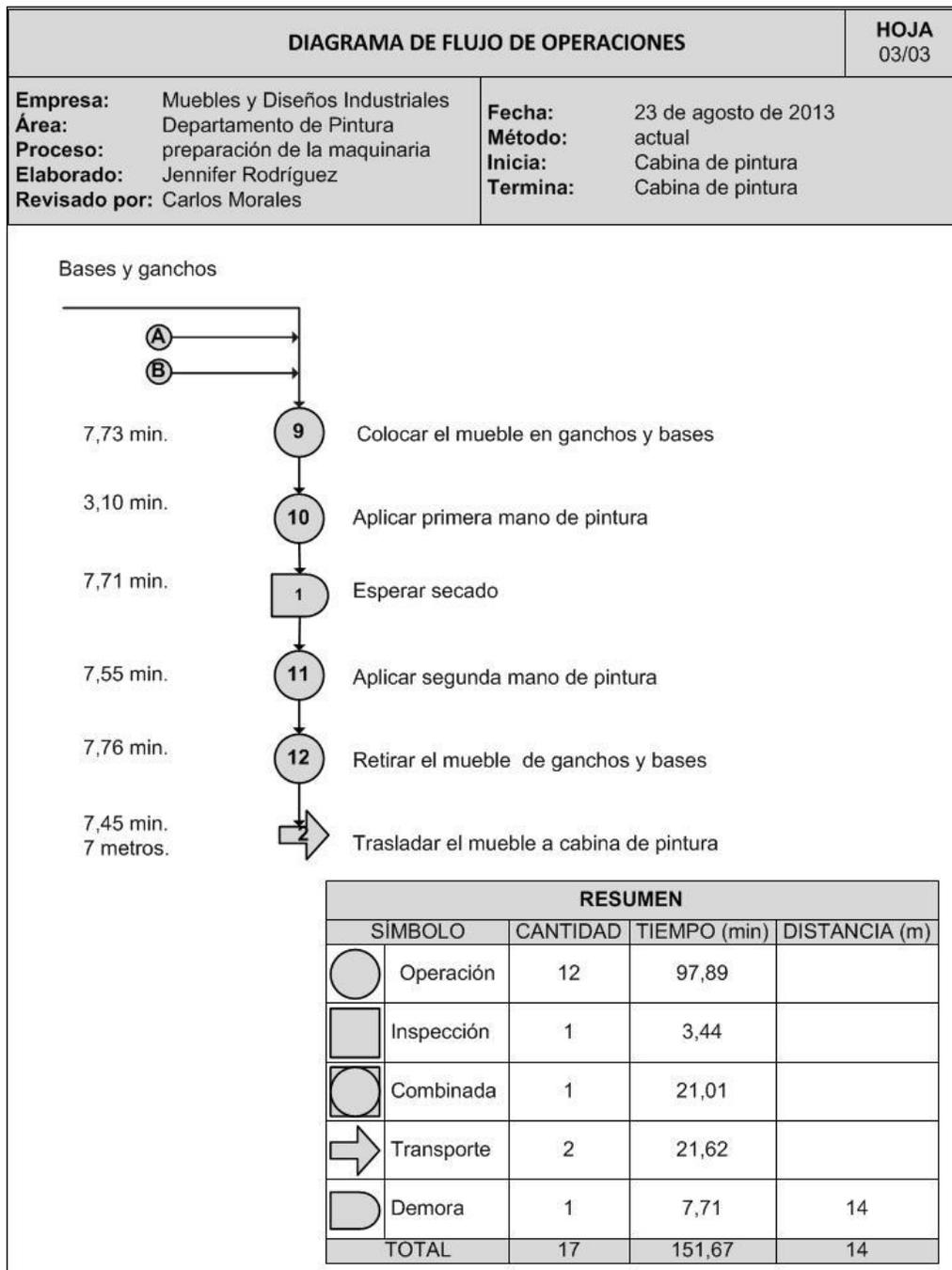


Fuente: elaboración propia, con programa de Microsoft Office Visio 2010.

Figura 15. Diagrama de flujo de operaciones actual

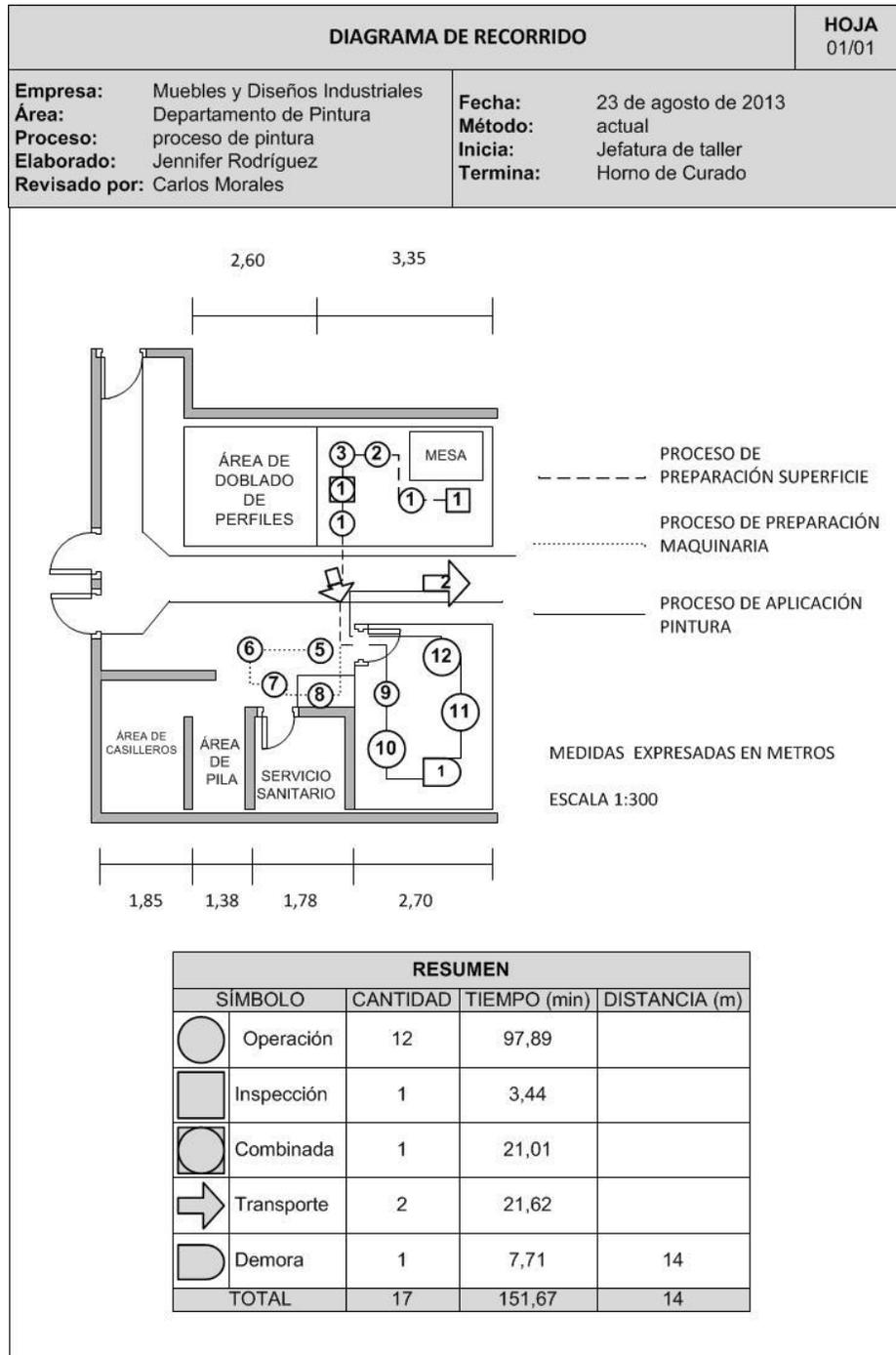


Continuación de la figura 15.



Fuente: elaboración propia, con programa de Microsoft Office Visio 2010.

Figura 16. Diagrama de recorrido actual



Fuente: elaboración propia, con programa de Microsoft Visio 2010.

2.7. Análisis de desempeño

Para determinar el desempeño del Departamento de Pintura, se analizaron tres puntos específicos, el primero es el rendimiento de la pintura, el segundo el costo de producción y el tercero la eficiencia total.

2.7.1. Rendimiento

El rendimiento teórico del esmalte líquido es proporcionado por el fabricante, siendo el dato 13 metros cuadrados por litro, MUDI utiliza botes de pinturas de 5 galones cada uno, por lo que el rendimiento total se calcula según lo siguiente.

- Primero se convierten los galones a litros.

$$5 \text{ gal} \times \frac{3,78 \text{ litros}}{1 \text{ gal}} = 18,9 \text{ litros}$$

- Luego, se multiplica el rendimiento dado por el fabricante por la cantidad total de litros:

$$\text{Rendimiento} = R_f \times \text{cantidad de litros}$$

$$\text{Rendimiento} = (13 \text{ m}^2 / \text{litro}) (18,9 \text{ litros})$$

$$\text{Rendimiento} = 245,70 \text{ m}^2$$

Se concluye que por cada cubeta de 5 galones de pintura adquirida, MUDI será capaz de pintar 245,70 metros cuadrados.

A continuación se procede a calcular el área total a pintar, para la muestra en análisis.

Tabla VIII. **Área total**

Nro.	Mueble	Cantidad semanal	Área (m ²)	Área total (m ²)	Área superficial (m ²)	Área superficial total (m ²)	Color
1	Botiquín jaeger	6	1,49	8,94	2,98	17,88	Blanco
2	Botiquín especial	1	10,42	10,42	20,84	20,84	Blanco
3	Botiquín mini	20	0,38	7,50	0,75	15,00	Blanco
4	Botiquín clínico	1	1,49	1,49	2,98	2,98	Blanco
5	Camilla para examen	1	3,84	3,84	7,68	7,68	Café claro
6	Mesa de examen	1	3,93	3,93	7,85	7,85	Café claro
7	Carro de curaciones	1	4,62	4,62	9,23	9,23	Café claro
8	Carro electrocauterico	1	2,98	2,98	5,96	5,96	Café claro
9	Carro paro	1	7,75	7,75	15,49	15,49	Blanco
10	Armario unidosis	1	12,83	12,83	25,65	25,65	Café claro
	Totales	34	49,71	64,28	99,41	128,56	

Fuente: elaboración propia.

2.7.2. Costo de producción

El costo de producción se compone de los siguientes componentes:

- Mano de obra.
- Materiales.
- Gastos de fabricación.

A continuación, se muestra el cálculo de cada uno de ellos, iniciando por la mano de obra.

Tabla IX. **Sueldos nominales individuales mensuales**

Nro.	Puesto	Sueldo base	Bonificación	Sueldo nominal individual
1	Gerente	Q 4 500,00	Q 250,00	Q 4 750,00
2	Secretaria / vendedora	Q 2 500,00	Q 250,00	Q 2 750,00
3	Gestor de calidad	Q 3 000,00	Q 250,00	Q 3 250,00
4	Jefe de taller	Q 2 700,00	Q 250,00	Q 2 950,00
5	Operarios taller	Q 2 171,75	Q 250,00	Q 2 421,75
6	Pintor	Q 2 171,75	Q 250,00	Q 2 421,75
	Total	Q 17 043,50	Q 1 500,00	Q 18 543,50

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. **Sueldo nominal total mensual**

Nro.	Puesto	Cantidad	Sueldo nominal	Total sueldo nominal
1	Gerente	1	Q 4 750,00	Q 4 750,00
2	Secretaria / vendedora	1	Q 2 750,00	Q 2 750,00
3	Gestor de calidad	1	Q 3 250,00	Q 3 250,00
4	Jefe de taller	1	Q 2 950,00	Q 2 950,00
5	Operarios taller	5	Q 2 421,75	Q 12 108,75
6	Pintor	1	Q 2 421,75	Q 2 421,75
	Total	10	Q 18 543,50	Q 28 230,50

Fuente: elaboración propia.

Se calculan los descuentos obligatorios a cada puesto de trabajo, en este caso el único que se realiza es el del IGSS.

Tabla XI. **Descuentos obligatorios individuales mensuales**

Nro.	Puesto	Sueldo nominal individual	IGSS laboral	Descuentos individuales
1	Gerente	Q 4 750,00	Q 506,83	Q 506,83
2	Secretaria / vendedora	Q 2 750,00	Q 293,43	Q 293,43
3	Gestor de calidad	Q 3 250,00	Q 346,78	Q 346,78
4	Jefe de taller	Q 2 950,00	Q 314,77	Q 314,77
5	Operarios taller	Q 2 421,75	Q 258,40	Q 258,40
6	Pintor	Q 2 421,75	Q 258,40	Q 258,40
	Total	Q 18 543,50	Q 1 978,59	Q 1 978,59

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Descuentos obligatorios totales mensuales**

Nro.	Puesto	Cantidad	Descuentos individuales	Total Descuentos
1	Puesto	1	Q 506,83	Q 506,83
2	Gerente	1	Q 293,43	Q 293,43
3	Secretaria / vendedora	1	Q 346,78	Q 346,78
4	Gestor de calidad	1	Q 314,77	Q 314,77
5	Jefe de taller	5	Q 258,40	Q 1 292,00
6	Operarios taller	1	Q 258,40	Q 258,40
	Total	10	Q 1 978,59	Q 3 012,19

Fuente: elaboración propia.

Se procede al cálculo del sueldo líquido a recibir, según cada puesto.

Tabla XIII. **Sueldos líquidos individuales mensuales**

Nro.	Puesto	Sueldo nominal individual	Descuentos individuales	Sueldo líquido individual
1	Gerente	Q 4 750,00	Q 506,83	Q 4 243,18
2	Secretaria / vendedora	Q 2 750,00	Q 293,43	Q 2 456,58
3	Gestor de calidad	Q 3 250,00	Q 346,78	Q 2 903,23
4	Jefe de taller	Q 2 950,00	Q 314,77	Q 2 635,24
5	Operarios taller	Q 2 421,75	Q 258,40	Q 2 163,35
6	Pintor	Q 2 421,75	Q 258,40	Q 2 163,35
	Total	Q 18 543,50	Q 1 978,59	Q 16 564,91

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Sueldos líquidos totales mensuales**

Nro.	Puesto	Cantidad	Sueldo líquido individual	Total sueldo líquido
1	Gerente	1	Q 4 243,18	Q 4 243,18
2	Secretaria / vendedora	1	Q 2 456,58	Q 2 456,58
3	Gestor de calidad	1	Q 2 903,23	Q 2 903,23
4	Jefe de taller	1	Q 2 635,24	Q 2 635,24
5	Operarios taller	5	Q 2 163,35	Q 10 816,75
6	Pintor	1	Q 2 163,35	Q 2 163,35
	Total	10	Q 16 564,91	Q 25 218,31

Fuente: elaboración propia.

Se realiza el cálculo de las siguientes prestaciones patronales: IRTRA, INTECAP y aporte del patrono al IGSS.

Tabla XV. **Prestaciones patronales individuales mensuales**

Nro.	Puesto	IRTRA	INTECAP	IGSS patronal	Prestaciones patronales individuales
1	Gerente	Q 45,00	Q 45,00	Q 480,15	Q 570,15
2	Secretaria / vendedora	Q 25,00	Q 25,00	Q 266,75	Q 316,75
3	Gestor de calidad	Q 30,00	Q 30,00	Q 320,10	Q 380,10
4	Jefe de taller	Q 27,00	Q 27,00	Q 288,09	Q 342,09
5	Operarios taller	Q 21,72	Q 21,72	Q 231,73	Q 275,16
6	Pintor	Q 21,72	Q 21,72	Q 231,73	Q 275,16
	Total	Q 170,44	Q 170,44	Q 1 818,54	Q 2 159,41

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. **Prestaciones patronales totales mensuales**

Nro.	Puesto	Cantidad	Prestaciones patronales individuales	Total prestaciones patronales
1	Gerente	1	Q 570,15	Q 570,15
2	Secretaria / vendedora	1	Q 316,75	Q 316,75
3	Gestor de calidad	1	Q 380,10	Q 380,10
4	Jefe de taller	1	Q 342,09	Q 342,09
5	Operarios taller	5	Q 275,16	Q 1 375,80
6	Pintor	1	Q 275,16	Q 275,16
	Total	10	Q 2 159,41	Q 3 260,05

Fuente: elaboración propia.

Se realiza el cálculo de las siguientes prestaciones laborales: bono 14, aguinaldo, vacaciones e indemnización, las cuales forman parte del pasivo laboral de los trabajadores.

Tabla XVII. Prestaciones laborales individuales mensuales

Nro.	Puesto	Aguinaldo	Bono 14	Vacaciones	Indemnización	Pasivo laboral individual
1	Gerente	Q 375,00	Q 375,00	Q 187,50	Q 375,00	Q 1 312,50
2	Secretaria / vendedora	Q 208,33	Q 208,33	Q 104,17	Q 208,33	Q 729,17
3	Gestor de calidad	Q 250,00	Q 250,00	Q 125,00	Q 250,00	Q 875,00
4	Jefe de taller	Q 225,00	Q 225,00	Q 112,50	Q 225,00	Q 787,50
5	Operarios taller	Q 180,98	Q 180,98	Q 90,49	Q 180,98	Q 633,43
6	Pintor	Q 180,98	Q 180,98	Q 90,49	Q 180,98	Q 633,43
	Total	Q 1 420,29	Q 1 420,29	Q 710,15	Q 1 420,29	Q 4 971,02

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. Prestaciones laborales totales mensuales

Nro.	Puesto	Cantidad	Pasivo laboral individual	Total pasivo laboral
1	Gerente	1	Q 1 312,50	Q 1 312,50
2	Secretaria / vendedora	1	Q 729,17	Q 729,17
3	Gestor de calidad	1	Q 875,00	Q 875,00
4	Jefe de taller	1	Q 787,50	Q 787,50
5	Operarios taller	5	Q 633,43	Q 3 167,14
6	Pintor	1	Q 633,43	Q 633,43
	Total	10	Q 4 971,02	Q 7 504,73

Fuente: elaboración propia.

El total de la planilla mensual queda de la siguiente manera:

Tabla XIX. **Total nómina mensual**

Nro.	Puesto	Total sueldo nominal	Total pasivo laboral	Total prestaciones patronales	Total nómina
1	Gerente	Q 4 750,00	Q 1 312,50	Q 570,15	Q 6 632,65
2	Secretaria / vendedora	Q 2 750,00	Q 729,17	Q 316,75	Q 3 795,92
3	Gestor de calidad	Q 3 250,00	Q 875,00	Q 380,10	Q 4 505,10
4	Jefe de taller	Q 2 950,00	Q 787,50	Q 342,09	Q 4 079,59
5	Operarios taller	Q 12 108,75	Q 3 167,14	Q 1 375,80	Q 16 651,69
6	Pintor	Q 2 421,75	Q 633,43	Q 275,16	Q 3 330,34
	Total	Q 28 230,50	Q 7 504,73	Q 3 260,05	Q 38 995,28

Fuente: elaboración propia.

El resumen de la mano de obra, se muestra en la siguiente tabla

Tabla XX. **Resumen mano de obra mensual método actual**

Resumen mano de obra	Importe mensual
Mano de obra directa	Q 19 982,03
Mano de obra indirecta	Q 19 013,26
Total	Q 38 995,28

Fuente: elaboración propia.

El importe a cargar por mano de obra directa a cada tipo de modelo se calcula dividiendo el importe de mano de obra directa mensual en 4, para encontrar la mano de obra semanal, y este resultado se divide en la cantidad de muebles producidos en la semana. A continuación se muestran los resultados:

Tabla XXI. **Mano de obra directa semanal actual**

Nro.	Mueble	Cantidad semanal	Costo unitario mano de obra directa	Costo total mano de obra directa
1	Botiquín jaeger	6	Q 146,93	Q 881,56
2	Botiquín especial	1	Q 146,93	Q 146,93
3	Botiquín mini	20	Q 146,93	Q 2 938,53
4	Botiquín clínico	1	Q 146,93	Q 146,93
5	Camilla para examen	1	Q 146,93	Q 146,93
6	Mesa de examen	1	Q 146,93	Q 146,93
7	Carro de curaciones	1	Q 146,93	Q 146,93
8	Carro electrocauterico	1	Q 146,93	Q 146,93
9	Carro paro	1	Q 146,93	Q 146,93
10	Armario unidosis	1	Q 146,93	Q 146,93
	Totales	34	Q 1 469,27	Q 4 995,51

Fuente: elaboración propia.

La materia prima utilizada en el proceso son láminas negras de 8 pies de largo y 4 pies de ancho y la pintura que recubre las superficies.

En la tabla VIII, se determinó que semanalmente MUDI necesita 64,28 metros cuadrados de área, por lo que se calcula cuantas láminas se necesitan semanalmente, tomando en cuenta que el precio unitario de la lámina es de Q 627,10.

El área de cada lámina se calcula de la siguiente forma.

$$A_s = \text{Ancho} * \text{largo}$$

$$A_s = \frac{8}{3,28} * \frac{4}{3,28} = 2,97 \text{ m}^2$$

Se divide el área total y el área de cada lámina para establecer la cantidad de láminas a utilizar semanalmente.

$$\text{Láminas} = \frac{64,28}{2,97} = 21,64 \sim 22 \text{ láminas semanales}$$

En total son 22 láminas a comprar semanalmente, lo que genera un costo de Q. 13 796,20 y un costo de Q. 210,83 por metro cuadrado de lámina. De lo anterior se establece el costo por lámina de cada tipo de mueble.

Tabla XXII. **Costo de lámina actual por tipo de mueble**

Nro.	Mueble	Área (m²)	Costo unitario de lámina
1	Botiquín jaeger	1,49	Q 314,14
2	Botiquín especial	10,42	Q 2 196,86
3	Botiquín mini	0,38	Q 79,06
4	Botiquín clínico	1,49	Q 314,14
5	Camilla para examen	3,84	Q 809,59
6	Mesa de examen	3,93	Q 827,51
7	Carro de curaciones	4,62	Q 972,99
8	Carro electrocauterico	2,98	Q 628,28
9	Carro paro	7,75	Q 1 632,89
10	Armario unidosis	12,83	Q 2 703,91
	Totales	49,71	Q 10 479,36

Fuente: elaboración propia.

El costo de lámina se calcula multiplicando el área de cada mueble y el costo de metro cuadrado de lámina.

El costo semanal por de lámina se calcula multiplicando el costo de lámina obtenido en la tabla XXII y la cantidad de cada tipo de mueble producido en la semana.

Tabla XXIII. **Costo semanal actual de láminas**

Nro.	Mueble	Cantidad semanal	Costo unitario de lámina	Costo total semanal de láminas
1	Botiquín jaeger	6	Q 314,14	Q 1 884,83
2	Botiquín especial	1	Q 2 196,86	Q 2 196,86
3	Botiquín mini	20	Q 79,06	Q 1 581,23
4	Botiquín clínico	1	Q 314,14	Q 314,14
5	Camilla para examen	1	Q 809,59	Q 809,59
6	Mesa de examen	1	Q 827,51	Q 827,51
7	Carro de curaciones	1	Q 972,99	Q 972,99
8	Carro electrocauterico	1	Q 628,28	Q 628,28
9	Carro paro	1	Q 1 632,89	Q 1 632,89
10	Armario unidosis	1	Q 2 703,91	Q 2 703,91
	Totales	34	Q 10 479,36	Q 13 552,22

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar semanalmente se compran 22 láminas, lo que genera un costo de Q. 13 796,20, pero únicamente se consumen Q. 13 552,22, lo que nos da una diferencia de Q 243,98 de costo de láminas sin utilizar.

La pintura en esmalte se vende en presentaciones de cubetas de 5 galones y cada una tiene un precio de Q. 1 012,99, anteriormente establecimos que cada cubeta tiene un rendimiento de 245,70 metro cuadrado, lo que nos da un costo de Q. 4,12 por metro cuadrado.

Cada tipo de mueble es recubierto de diferente color, de acuerdo a la muestra utilizada los colores más frecuentes son blanco y café claro. A continuación se detalla el área superficial y color de cada tipo de mueble de la muestra.

Tabla XXIV. **Área superficial y color según tipo de mueble**

Nro.	Mueble	Cantidad semanal	Área superficial (m ²)	Área superficial total (m ²)	Color
1	Botiquín jaeger	6	2,98	17,88	Blanco
2	Botiquín especial	1	20,84	20,84	Blanco
3	Botiquín mini	20	0,75	15,00	Blanco
4	Botiquín clínico	1	2,98	2,98	Blanco
5	Camilla para examen	1	7,68	7,68	Café claro
6	Mesa de examen	1	7,85	7,85	Café claro
7	Carro de curaciones	1	9,23	9,23	Café claro
8	Carro electrocauterico	1	5,96	5,96	Café claro
9	Carro paro	1	15,49	15,49	Blanco
10	Armario unidosis	1	25,65	25,65	Café claro
	Totales	34	99,41	128,56	

Fuente: elaboración propia.

Según los datos de la tabla XXIV, el área superficial que se debe pintar de color café es de 56,37 metros cuadrados y el área que se debe pintar de color blanco es de 72,19 metros cuadrados, por lo que se deberá comprar una cubeta de cada color, lo que nos genera un costo de Q. 2 025,98.

De lo anterior se establece el costo por pintura de cada tipo de mueble.

Tabla XXV. **Costo de pintura actual por cada tipo de mueble**

Nro.	Mueble	Área superficial (m²)	Costo unitario de pintura
1	Botiquín jaeger	2,98	Q 12,27
2	Botiquín especial	20,84	Q 85,80
3	Botiquín mini	0,75	Q 3,09
4	Botiquín clínico	2,98	Q 12,27
5	Camilla para examen	7,68	Q 31,62
6	Mesa de examen	7,85	Q 32,32
7	Carro de curaciones	9,23	Q 38,00
8	Carro electrocauterico	5,96	Q 24,54
9	Carro paro	15,49	Q 63,77
10	Armario unidosis	25,65	Q 105,60
	Totales	99,41	Q 409,27

Fuente: elaboración propia.

El costo de pintura se calcula multiplicando el área superficial de cada mueble y el costo de metro cuadrado de pintura.

El costo semanal por pintura se calcula multiplicando el costo de pintura obtenido en la tabla XXV y la cantidad de cada tipo de mueble producido en la semana.

Tabla XXVI. **Costo semanal actual de pintura**

Nro.	Mueble	Cantidad semanal	Costo unitario de pintura	Costo total semanal de pintura
1	Botiquín jaeger	6	Q 12,27	Q 73,61
2	Botiquín especial	1	Q 85,80	Q 85,80
3	Botiquín mini	20	Q 3,09	Q 61,75
4	Botiquín clínico	1	Q 12,27	Q 12,27
5	Camilla para examen	1	Q 31,62	Q 31,62
6	Mesa de examen	1	Q 32,32	Q 32,32
7	Carro de curaciones	1	Q 38,00	Q 38,00
8	Carro electrocauterico	1	Q 24,54	Q 24,54
9	Carro paro	1	Q 63,77	Q 63,77
10	Armario unidosis	1	Q 105,60	Q 105,60
	Totales	34	Q 409,27	Q 529,28

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar semanalmente se compran 2 cubetas de pintura, lo que genera un costo de Q. 2 025,98, pero únicamente se consumen Q. 529,28, lo que nos da una diferencia de Q. 1 496,70 de costo de pintura sin utilizar.

Los gastos de fabricación semanales son los siguientes:

Tabla XXVII. **Gastos de fabricación actuales semanales**

Gasto	Importe
Alquileres	Q 3 750,00
Materiales indirectos	Q 465,00
Energía eléctrica	Q 181,33
Agua potable	Q 96,64
Total	Q 4 492,97

Fuente: elaboración propia

Los gastos de fabricación a cargar a cada tipo de modelo se calcula dividiendo el total de gastos de fabricación entre la cantidad semanal total de muebles, lo que da un importe a cargar de Q. 132,15.

Por lo que el costo unitario de cada tipo de mueble queda establecido según la siguiente tabla.

Tabla XXVIII. Costo semanal unitario actual por tipo de mueble

Nro.	Mueble	Costo unitario mano de obra directa	Costo unitario de lámina	Costo unitario de pintura	Gastos de fabricación unitarios	Costo unitario total
1	Botiquín jaeger	Q 146,93	Q 314,14	Q 12,27	Q 132,15	Q 605,48
2	Botiquín especial	Q 146,93	Q 2 196,86	Q 85,80	Q 132,15	Q 2 561,73
3	Botiquín mini	Q 146,93	Q 79,06	Q 3,09	Q 132,15	Q 361,22
4	Botiquín clínico	Q 146,93	Q 314,14	Q 12,27	Q 132,15	Q 605,48
5	Camilla para examen	Q 146,93	Q 809,59	Q 31,62	Q 132,15	Q 1 120,28
6	Mesa de examen	Q 146,93	Q 827,51	Q 32,32	Q 132,15	Q 1 138,90
7	Carro de curaciones	Q 146,93	Q 972,99	Q 38,00	Q 132,15	Q 1 290,06
8	Carro electrocauterico	Q 146,93	Q 628,28	Q 24,54	Q 132,15	Q 931,89
9	Carro paro	Q 146,93	Q 1 632,89	Q 63,77	Q 132,15	Q 1 975,73
10	Armario unidosis	Q 146,93	Q 2 703,91	Q 105,60	Q 132,15	Q 3 088,58
	Totales	Q 1 469,27	Q 10 479,36	Q 409,27	Q 1 321,46	Q 13 679,35

Fuente: elaboración propia.

Se procede al cálculo del costo que implica la producción semanal por cada tipo de mueble, el dato se obtiene multiplicando la cantidad de muebles semanales de cada tipo por el costo unitario obtenido en la tabla XXVIII. A continuación se muestran los resultados:

Tabla XXIX. **Costo total semanal actual por tipo de mueble**

Nro.	Mueble	Cantidad semanal	Costo unitario total	Costo total semanal
1	Botiquín jaeger	6	Q 605,48	Q 3 632,88
2	Botiquín especial	1	Q 2 561,73	Q 2 561,73
3	Botiquín mini	20	Q 361,22	Q 7 224,44
4	Botiquín clínico	1	Q 605,48	Q 605,48
5	Camilla para examen	1	Q 1 120,28	Q 1 120,28
6	Mesa de examen	1	Q 1 138,90	Q 1 138,90
7	Carro de curaciones	1	Q 1 290,06	Q 1 290,06
8	Carro electrocauterico	1	Q 931,89	Q 931,89
9	Carro paro	1	Q 1 975,73	Q 1 975,73
10	Armario unidosis	1	Q 3 088,58	Q 3 088,58
	Totales	34	Q 13 679,35	Q 23 569,97

Fuente: elaboración propia.

Finalmente se presenta el costo de producción actual de MUDI,

Tabla XXX. Costo de producción semanal actual

COSTO DE PRODUCCIÓN		
Muebles y Diseños Industriales		
Semana del 12 al 17 de agosto de 2013		
Inventario inicial materia prima	Q	1 830,00
(+) Compras	Q	15 822,18
Materia prima disponible	Q	<u>17 652,18</u>
(-) Inventario final de materia prima	Q	3 570,68
Materia prima consumida	Q	<u>14 081,50</u>
(+) Mano de obra directa	Q	4 995,51
Costo primo	Q	<u>19 077,00</u>
Gastos fabricación		
Mano de obra indirecta	Q	4 753,31
Alquileres	Q	3 750,00
Materiales indirectos	Q	465,00
Energía eléctrica	Q	181,33
Agua potable	Q	96,64
	Q	<u>9 246,28</u>
Costo de producción	Q	<u><u>28 323,29</u></u>

Fuente: elaboración propia.

2.7.3. Eficiencia

La eficiencia es la relación de los ingresos obtenidos y los insumos invertidos.

De los datos obtenidos en la tabla XXVIII se calculó el precio de venta de cada tipo de mueble, tomando en consideración un margen de ganancia del 30 por ciento.

Tabla XXXI. **Precio de venta unitario método actual**

Nro.	Mueble	Costo unitario total	Precio de venta
1	Botiquín jaeger	Q 605,48	Q 864,97
2	Botiquín especial	Q 2 561,73	Q 3 659,61
3	Botiquín mini	Q 361,22	Q 516,03
4	Botiquín clínico	Q 605,48	Q 864,97
5	Camilla para examen	Q 1 120,28	Q 1 600,40
6	Mesa de examen	Q 1 138,90	Q 1 627,00
7	Carro de curaciones	Q 1 290,06	Q 1 842,94
8	Carro electrocauterico	Q 931,89	Q 1 331,27
9	Carro paro	Q 1 975,73	Q 2 822,47
10	Armario unidosis	Q 3 088,58	Q 4 412,26
	Totales	Q 13 679,35	Q 19 541,93

Fuente: elaboración propia.

Debido a que MUDI trabaja bajo pedido, la totalidad de lo producido en la semana se venderá, por lo que se procede al cálculo de las ventas semanales.

A continuación se muestran los resultados:

Tabla XXXII. **Ventas semanales actuales por tipo de mueble**

Nro.	Mueble	Cantidad semanal	Precio de venta	Ventas semanales
1	Botiquín jaeger	6	Q 864,97	Q 5 189,83
2	Botiquín especial	1	Q 3 659,61	Q 3 659,61
3	Botiquín mini	20	Q 516,03	Q10 320,63
4	Botiquín clínico	1	Q 864,97	Q 864,97
5	Camilla para examen	1	Q 1 600,40	Q 1 600,40
6	Mesa de examen	1	Q 1 627,00	Q 1 627,00
7	Carro de curaciones	1	Q 1 842,94	Q 1 842,94
8	Carro electrocauterico	1	Q 1 331,27	Q 1 331,27
9	Carro paro	1	Q 2 822,47	Q 2 822,47
10	Armario unidosis	1	Q 4 412,26	Q 4 412,26
	Totales	34	Q 19 541,93	Q33 671,39

Fuente: elaboración propia.

Las ganancias semanales se calculan restando las ventas semanales obtenidas en la tabla XXXII y el costo total obtenido en la tabla XXIX. A continuación se muestran los resultados.

Tabla XXXIII. **Ganancias semanales actuales por tipo de mueble**

Nro.	Mueble	Ventas semanales	Costo total semanal	Ganancias semanales
1	Botiquín jaeger	Q 5 189,83	Q 3 632,88	Q 1 556,95
2	Botiquín especial	Q 3 659,61	Q 2 561,73	Q 1 097,88
3	Botiquín mini	Q 10 320,63	Q 7 224,44	Q 3 096,19
4	Botiquín clínico	Q 864,97	Q 605,48	Q 259,49
5	Camilla para examen	Q 1 600,40	Q 1 120,28	Q 480,12
6	Mesa de examen	Q 1 627,00	Q 1 138,90	Q 488,10
7	Carro de curaciones	Q 1 842,94	Q 1 290,06	Q 552,88
8	Carro electrocauterico	Q 1 331,27	Q 931,89	Q 399,38
9	Carro paro	Q 2 822,47	Q 1 975,73	Q 846,74
10	Armario unidosis	Q 4 412,26	Q 3 088,58	Q 1 323,68
	Totales	Q 33 671,39	Q 23 569,97	Q10 101,42

Fuente: elaboración propia.

La eficiencia es la relación de los ingresos obtenidos y los insumos invertidos, a continuación se muestra una tabla que resume la eficiencia encontrada para cada modelo de mueble estudiado:

Tabla XXXIV. Eficiencia semanal actual

Nro.	Mueble	Ganancias semanales	Costo total semanal	Eficiencia
1	Botiquín jaeger	Q 1 556,95	Q 3 632,88	43%
2	Botiquín especial	Q 1 097,88	Q 2 561,73	43%
3	Botiquín mini	Q 3 096,19	Q 7 224,44	43%
4	Botiquín clínico	Q 259,49	Q 605,48	43%
5	Camilla para examen	Q 480,12	Q 1 120,28	43%
6	Mesa de examen	Q 488,10	Q 1 138,90	43%
7	Carro de curaciones	Q 552,88	Q 1 290,06	43%
8	Carro electrocauterico	Q 399,38	Q 931,89	43%
9	Carro paro	Q 846,74	Q 1 975,73	43%
10	Armario unidosis	Q 1 323,68	Q 3 088,58	43%
	Totales	Q 10 101,42	Q 23 569,97	43%

Fuente: elaboración propia.

Se determinó que MUDI tiene una eficiencia promedio del 43 por ciento en la producción de los estilos de muebles estudiados.

Con este resultado se puede decir que MUDI tiene muchas oportunidades de mejora, en donde se pueda aplicar la Producción más Limpia y otras herramientas de ingeniería que permitan a MUDI incrementar la eficiencia.

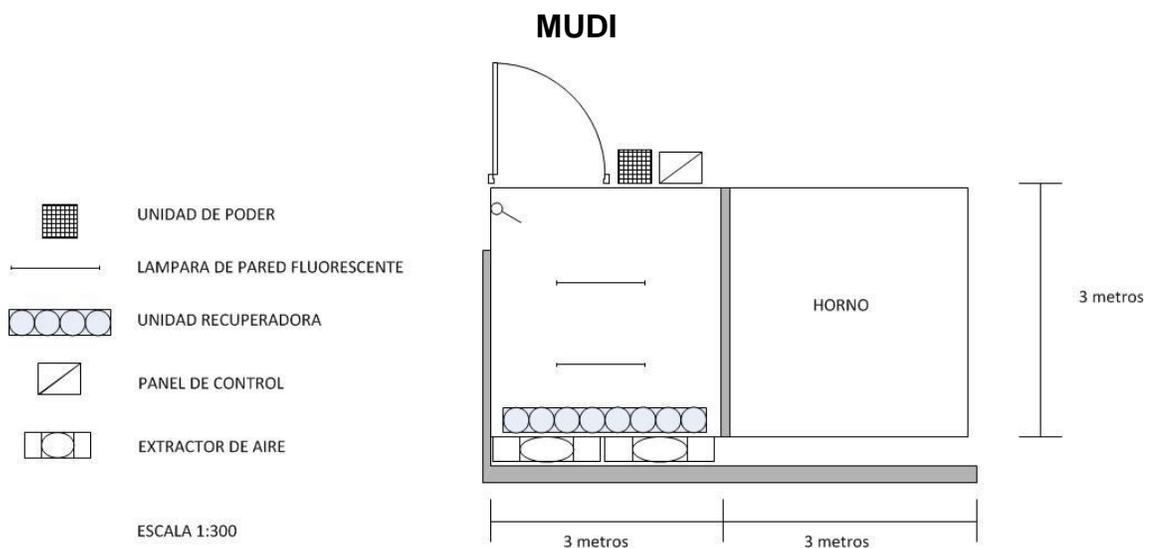
3. PROPUESTA DE MODELO DE MEJORA

En este tercer capítulo se desarrolla la propuesta para implementar un sistema de aplicación electrostática de pintura en polvo, en lugar del sistema actual de pintura de esmalte líquido.

3.1. Propuesta de nueva área de trabajo

El área de trabajo del Departamento de Pintura necesaria para el método propuesto es de 18 metros cuadrados, siendo utilizados 9 metros cuadrados para la cabina de pintura y 9 metros cuadrados para el horno de secado.

Figura 17. Propuesta de distribución para el Departamento de Pintura



Fuente: elaboración propia, con programa de Microsoft Office Visio 2010.

3.2. Propuesta de nueva maquinaria y herramienta

La propuesta se basa en implementar un sistema de aplicación electrostático de pintura en polvo, para el cual es necesario contar con la siguiente maquinaria y herramienta:

- Unidad de poder: este equipo es el encargado de la aspersion de la pintura en polvo sobre la superficie o la pieza a pintar, así como de la carga eléctrica que recibe la misma, para que se adhiera, debido a un diferencial eléctrico.
- Pistola de aplicación: dirige el flujo de pintura en polvo hacia la superficie de las piezas.
- Unidad recolectora de polvo y separadora de suciedad: su función es recolectar la pintura sobrante, que no fue aplicada sobre la superficie o pieza, y separarla de la suciedad.
- Bases y ganchos: estructuras metálicas elaboradas en la empresa que se utilizan para colocar las piezas durante el proceso de pintura.

El sistema aplicación electrostática requiere de un nuevo diseño de cabina, siendo el que mejor se adapta a las necesidades de MUDI una cabina tipo *batch* de filtro autolimpiante, de 3 metros de ancho, 3 metros de fondo y 2,60 metros de alto.

Dicha cabina tiene incorporado los siguientes elementos:

- Unidad recuperadora de pintura, compuestos de 8 filtros autolimpiantes.
- Extractor, de motor de 5 *horse power* con un cono de succión de fibra de vidrio.
- Corriente eléctrica de 15 amperios.

- Dos lámparas fluorescentes de 220 voltios, el equivalente en el sistema internacional es 3300 watt.
- Panel de control electrónico.
- Paredes y piso de acero inoxidable.

A continuación se muestra una imagen ilustrativa de la cabina de pintura, faltando los accesorios de aplicación de pintura y la instalación eléctrica.

Figura 18. **Propuesta de nueva cabina de pintura**



Fuente: GUTIERREZ, Miguel. *Cabina de pintura modelo PB303121*. p. 1.

3.3. Descripción del nuevo proceso

El método propuesto se divide en dos partes: la preparación de la superficie y el procedimiento de aplicación de la pintura.

La preparación de la superficie es el procedimiento que prepara las piezas o superficies para la aplicación de pintura, asegurando que no contengan ningún tipo de grasa u oxidación.

Como consecuencia de la propuesta de nueva distribución del Departamento de Pintura se han reducido los tiempos y distancias de traslados, pero las operativas se mantienen. Después de realizado el proceso de preparación se deberá tener los mismos cuidados y manejos, del método actual, con el propósito de no comprometer la limpieza de la superficie.

El proceso de aplicación del método propuesto, consiste en los siguientes pasos:

- Llenar los cartuchos de la unidad de poder con la pintura en polvo.
- Colocar la pieza o superficie a pintar sobre las bases y ganchos.
- Conectar la pieza o superficie a pintar con la puesta a tierra.
- Encender la unidad de poder, el extractor de aire y la unidad de recuperación.
- Verificar y regular el flujo de aire en la pistola de aplicación.
- Aplicar la pintura sobre la pieza o superficie a pintar.
- Desconectar la pieza o superficie de tierra.
- Trasladar al horno de secado.

A continuación se muestran los tiempos y distancias a utilizar en método propuesto.

Tabla XXXV. **Datos método propuesto**

Operación	Tiempo (min)	Distancia (m)
Revisar orden de producción	3,44	
Recepcionar el mueble	4,79	
Aplicar y retirar ácido	20,95	
Desengrasar	10,12	
Lijar e inspeccionar el mueble	21,01	
Enjuagar y secar el mueble	7,30	
Trasladar mueble a cabina de pintura	8,09	4,00
Llenar los cartuchos de pintura	10,50	
Colocar el mueble en ganchos y bases	7,73	
Realizar conexión eléctrica del mueble	4,50	
Encender unidad de recuperación, extractor de aire y unidad de poder	1,50	
Verificar flujo de aire en la pistola de aplicación	3,15	
Aplicar pintura	7,55	
Desconectar el mueble	4,50	
Trasladar el mueble a horno de secado	6,28	6,00
Totales	121,12	10,00

Fuente: elaboración propia.

Los cuidados mínimos durante el traslado son los siguientes:

- La ruta hacia el horno de curado debe estar sin bloqueos y/o materiales que contengan carga magnética.
- La pieza pintada debe estar completamente desconectada del sistema de pintura electrostático.
- Las piezas pequeñas que fueron colocadas en ganchos durante el proceso de pintura, deben trasladarse al horno sin ser retiradas de los ganchos, teniendo cuidado de no tocar la superficie pintada.

- Para las piezas o muebles que debido al tamaño hayan sido pintadas sobre bases y no sea posible trasladar la pieza y base al horno de curado, deberán ser trasladadas por el pintor y los operarios de taller que se necesiten. Los mismos deberán utilizar guantes de látex y deberán cargar la pieza o mueble procurando que el único contacto con la superficie sea sus manos y tomando la pieza de su base o parte interna para minimizar las áreas a retocar.
- Una vez colocada la pieza o mueble dentro del horno de curado, se debe aplicar un retoque de pintura en polvo las áreas que durante el traslado fueron despintadas. Dicho retoque se debe realizar utilizando pincel o brocha de cerdas suaves.

3.3.1. Diagrama de operaciones

Este diagrama representa todas las actividades que deberán realizarse cuando se implemente el método propuesto, ver figura 19.

De acuerdo a lo establecido en la tabla XXXV, se puede observar que se ha eliminado la segunda aplicación de pintura, esto se debe a que con una sola aplicación de pintura por el método de aplicación electrostática se conseguirá el acabado deseado.

Adicional a esto, derivado de la eliminación de la segunda aplicación de pintura, también se elimina la espera de secado entre las dos aplicaciones de pintura del método por aspersion.

3.3.2. Diagrama de flujo

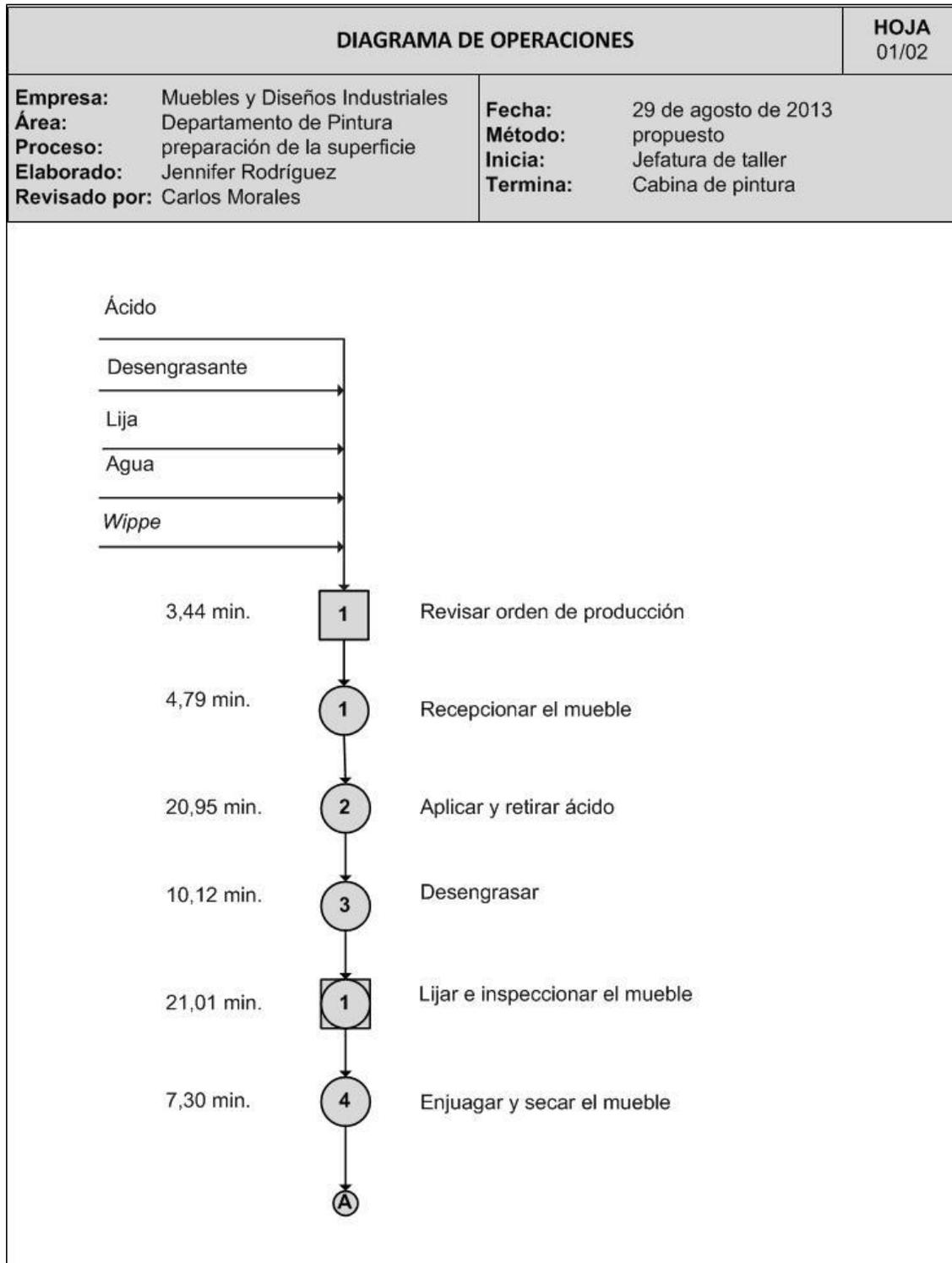
Este diagrama representa todas las actividades que se realizarán en el Departamento de Pintura cuando el método propuesto sea implementado, incluyen aquellas actividades en las que el mueble no es transformado, pero que son necesarias para finalizar el proceso productivo, ver figura 20.

3.3.3. Diagrama de recorrido

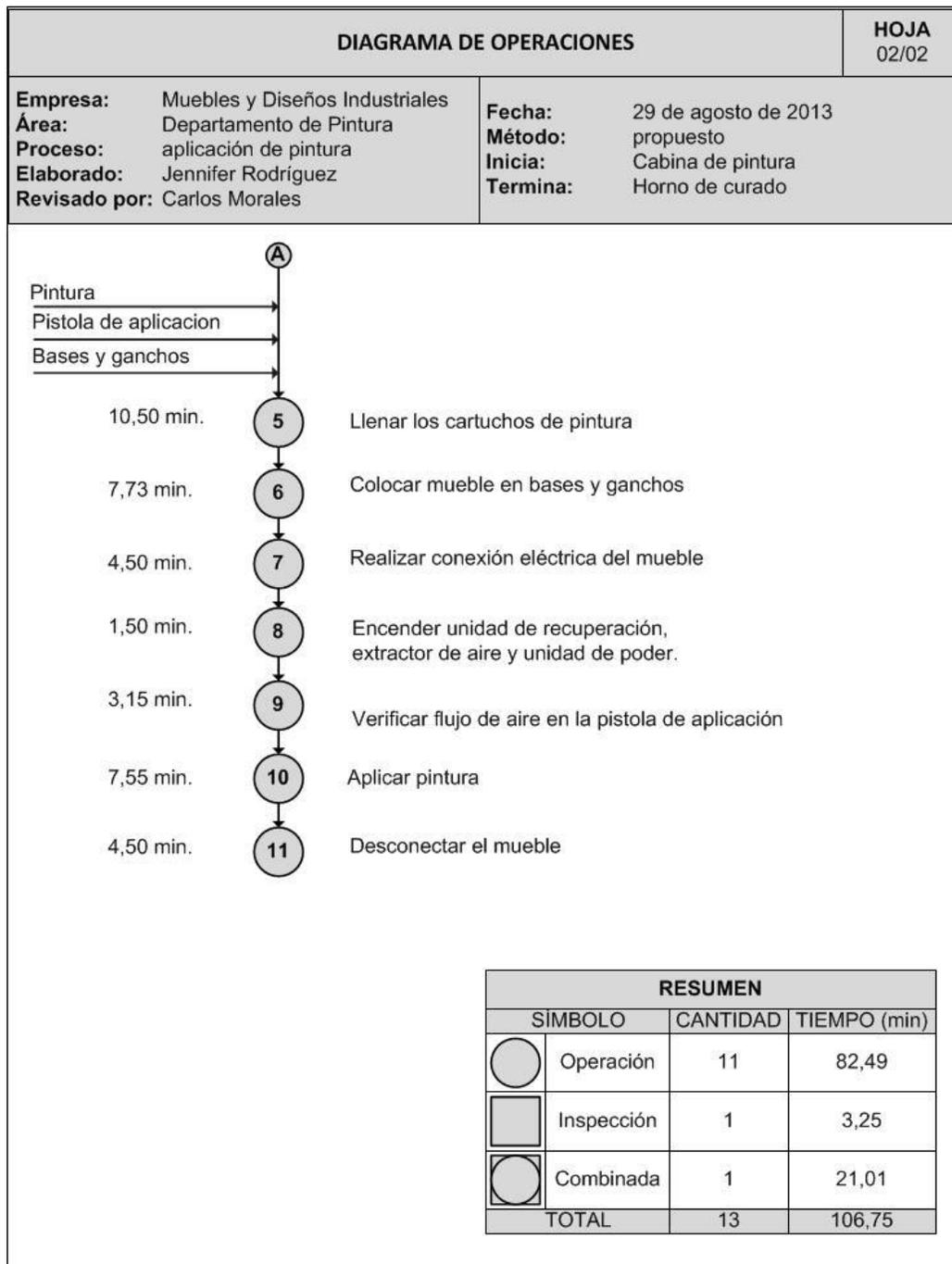
El diagrama de recorrido representa sobre una vista de planta los lugares exactos en donde se realizan las actividades detalladas en el diagrama de flujo de operaciones, ver figura 21.

Un cambio significativo es que con la nueva disposición del Departamento de Pintura, se ha reducido la distancia de los traslados a 10 metros.

Figura 19. Diagrama de operaciones propuesto

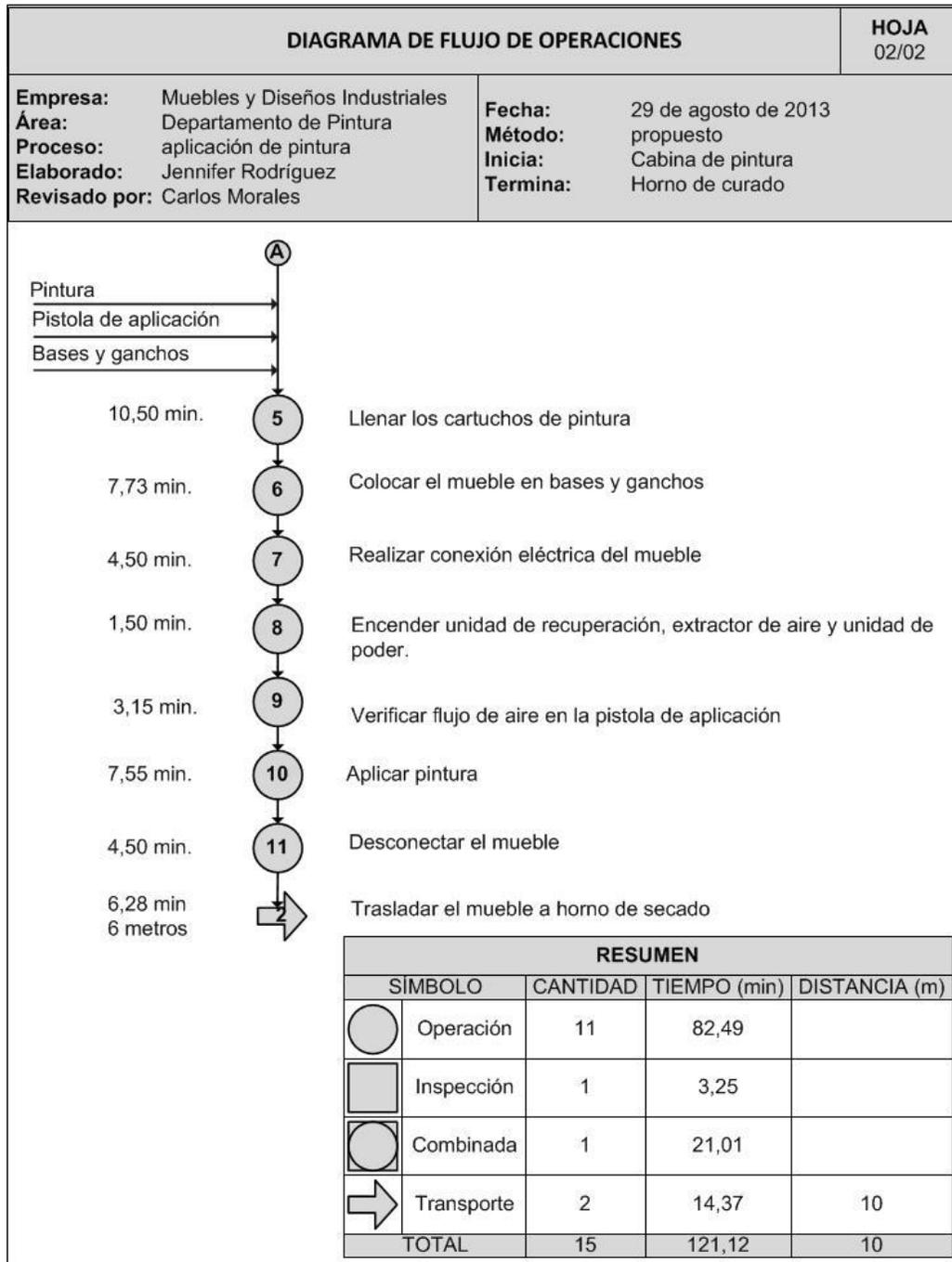


Continuación de la figura 19.



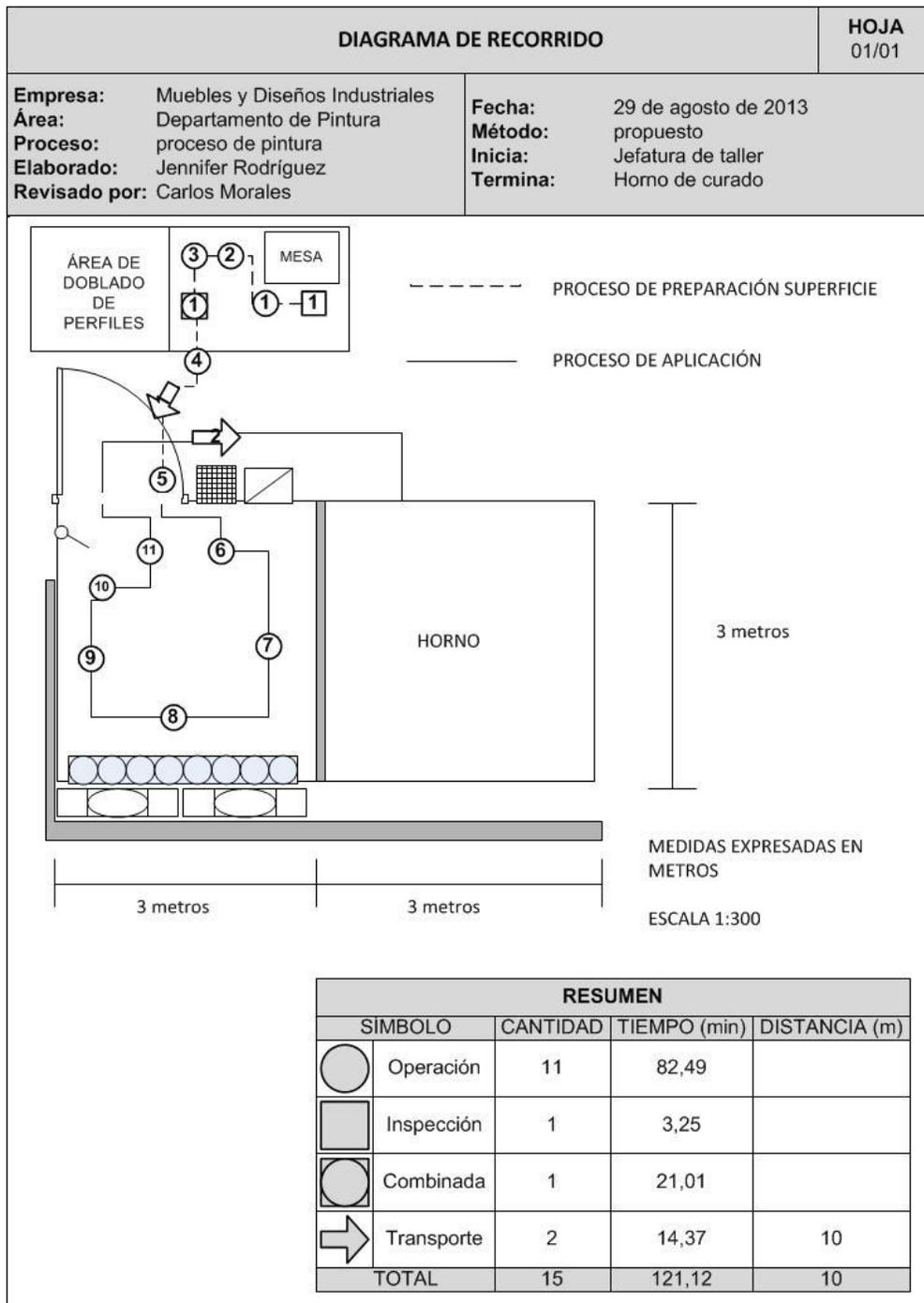
Fuente: elaboración propia, con programa de Microsoft Office Visio 2010.

Continuación de la figura 20.



Fuente: elaboración propia, con programa de Microsoft Office Visio 2010.

Figura 21. Diagrama de recorrido propuesto



Fuente: elaboración propia, con programa de Microsoft Office Visio 2010.

3.4. Detalles de la mano de obra

El método propuesto requiere de un empleado en el Departamento de Pintura, que debe llenar todos los requisitos planteados en la tabla II, además debe tener conocimientos básicos de manejo de electricidad y de trabajos con pintura en polvo.

3.5. Detalles de la seguridad e higiene

El equipo de seguridad que debe utilizarse con el modelo propuesto no difiere del indicado en el capítulo anterior, siendo el equipo el siguiente:

- Mascara respirador.
- Gafas protectoras contra salpicadura.
- Buzo desechable Tivek.
- Zapatos de cuero industriales.
- Lentes de seguridad.
- Guantes de cuero.
- Casco.

La vestimenta que debe utilizarse consisten en pantalones azules de lona gruesa, camisa polo del color que decida la empresa, y una bata azul de tela gruesa con el logo de la empresa bordado.

En lo referente a la higiene del Departamento de Pintura se debe realizar las siguientes modificaciones.

- Debe realizarse un Plan de Mantenimiento de la cabina de pintura, equipo y herramientas, así como un inventario total para determinar si existe necesidad de renovar equipo y/o herramientas.
- Debe señalizarse correctamente el sistema eléctrico de la empresa.
- Las mesas de trabajo deben ser niveladas y restauradas, mientras se tenga esta opción de lo contrario deberán ser reemplazadas.
- El piso del Departamento de Pintura es una torta de concreto.
- Debe repararse las instalaciones sanitarias actuales y crear una nueva instalación sanitaria, para el uso del personal femenino de la empresa.
- Se deben establecer horarios de descarga de material y de limpieza del taller, cada operario debe ser responsable de mantener el espacio de trabajo limpio y ordenado.
- Deben señalizarse las áreas designadas para paso de personal y rutas de evacuación; por ninguna razón deben ser obstruidas.
- La estantería donde se almacenan los materiales debe ser sustituida por una estantería metálica con puertas, la llave debe ser entregada al encargado de taller, de esta manera llevará mejor control de sus insumos.
- Colocar extintores ABC en las siguientes áreas: un extintor en el área administrativa, un extintor cerca de Departamento de Pintura y otro cerca del área designada para realizar soldaduras. Todos los extintores deben ser colocados a una altura de 1,20 metros a 1,50 metros respecto al nivel de piso, tener fácil acceso, no ser bloqueados y un plan de mantenimiento preventivo, que debe realizarse cada 6 meses.

3.6. Cálculo de costos

Los costos relacionados al método propuesto consistirán en: mano de obra, materiales y gastos de fabricación.

Adicional a estos, se deberá contemplar la adquisición del equipo necesario para el método de aplicación de pintura por carga electrostática y las modificaciones que deberán realizarse al taller para poder implementar el método propuesto.

3.6.1. Planilla

En el método propuesto se plantea seguir trabajando con el personal del departamento actual, manteniendo sus sueldos actuales, debido a esta razón el costo de mano de obra es el siguiente:

Tabla XXXVI. **Mano de obra semanal propuesta**

Nro.	Mueble	Cantidad semanal	Costo unitario mano de obra directa	Costo total mano de obra directa
1	Botiquín jaeger	6	Q 146,93	Q 881,56
2	Botiquín especial	1	Q 146,93	Q 146,93
3	Botiquín mini	20	Q 146,93	Q 2 938,53
4	Botiquín clínico	1	Q 146,93	Q 146,93
5	Camilla para examen	1	Q 146,93	Q 146,93
6	Mesa de examen	1	Q 146,93	Q 146,93
7	Carro de curaciones	1	Q 146,93	Q 146,93
8	Carro electrocauterico	1	Q 146,93	Q 146,93
9	Carro paro	1	Q 146,93	Q 146,93
10	Armario unidosis	1	Q 146,93	Q 146,93
	Totales	34	Q 1 469,27	Q 4 995,51

Fuente: elaboración propia.

3.6.2. Materiales

El cálculo del costo de material cambia únicamente en el costo de pintura, este dato representa el costo de pintura por metro cuadrado cubierto con pintura en polvo.

Para el cálculo del mismo es necesario conocer dos valores:

- Rendimiento de pintura en polvo.
- Precio por kilogramo de pintura en polvo.

El cálculo del valor del rendimiento de pintura se muestra en el apartado 3.7.1, el valor a utilizar es de 19,23 metro cuadrado por kilogramo. El precio cotizado por una importante cadena distribuidora de pinturas en Guatemala es de Q 66,58 el kilogramo de pintura blanca y Q 99,21 el kilogramo de pintura café.

El costo de pintura por metro cuadrado se obtiene de la división del precio de pintura y el rendimiento de pintura:

$$C_{\text{Pintura}} = \frac{P}{R_{\text{m}^2 \times \text{KG}}}$$

Sustituyendo los datos en la fórmula, se obtiene que cada metro cuadrado pintado tiene un costo de Q.3,46 el metro cuadrado pintado de blanco y Q. 5,16 el metro cuadrado pintado de café.

$$C_{\text{Pintura blanca}} = \frac{66,58}{19,23} = 3,46 \text{ Q/m}^2$$

$$C_{\text{Pintura café}} = \frac{99,21}{19,23} = 5,16 \text{ Q/m}^2$$

De lo anterior se procede a calcular el costo de pintura por cada tipo de mueble, los datos se muestran en la siguiente tabla.

Tabla XXXVII. **Costo de pintura unitario propuesto**

Nro.	Mueble	Área (m ²)	Área superficial (m ²)	Color	Costo unitario de pintura
1	Botiquín jaeger	1,49	2,98	Blanco	Q 10,32
2	Botiquín especial	10,42	20,84	Blanco	Q 72,15
3	Botiquín mini	0,38	0,75	Blanco	Q 2,60
4	Botiquín clínico	1,49	2,98	Blanco	Q 10,32
5	Camilla para examen	3,84	7,68	Café claro	Q 39,62
6	Mesa de examen	3,93	7,85	Café claro	Q 40,50
7	Carro de curaciones	4,62	9,23	Café claro	Q 47,62
8	Carro	2,98	5,96	Café claro	Q 30,75
9	Carro paro	7,75	15,49	Blanco	Q 53,63
10	Armario unidosis	12,83	25,65	Café claro	Q 132,33
	Totales	49,71	99,41		Q 439,83

Fuente: elaboración propia.

El costo de pintura se calcula multiplicando el área superficial de cada mueble y el costo de metro cuadrado de pintura.

El costo semanal por pintura se calcula multiplicando el costo de pintura obtenido en la tabla XXXVII y la cantidad de cada tipo de mueble producido en la semana.

Tabla XXXVIII. **Costo semanal de pintura propuesto**

Nro.	Mueble	Cantidad semanal	Costo unitario de pintura	Costo total semanal de pintura
1	Botiquín jaeger	6	Q 10,32	Q 61,91
2	Botiquín especial	1	Q 72,15	Q 72,15
3	Botiquín mini	20	Q 2,60	Q 51,93
4	Botiquín clínico	1	Q 10,32	Q 10,32
5	Camilla para examen	1	Q 39,62	Q 39,62
6	Mesa de examen	1	Q 40,50	Q 40,50
7	Carro de curaciones	1	Q 47,62	Q 47,62
8	Carro electrocauterico	1	Q 30,75	Q 30,75
9	Carro paro	1	Q 53,63	Q 53,63
10	Armario unidosis	1	Q 132,33	Q 132,33
	Totales	34	Q 439,83	Q 540,76

Fuente: elaboración propia.

Según los datos de la tabla XXIV, el área superficial que se debe pintar de color café es de 56,37 metros cuadrados y el área que se debe pintar de color blanco es de 72,19 metros cuadrados, por lo que se deberá comprar 4 kilogramos de pintura de cada color, lo que nos genera un costo de Q. 663,15, pero únicamente se consumen Q. 540,76, lo que nos da una diferencia de Q 223,32 de costo de pintura sin utilizar.

Los costos de lámina se mantienen, a continuación se muestran los datos.

Tabla XXXIX. **Costo unitario semanal de lámina propuesto**

Nro.	Mueble	Área (m ²)	Costo unitario de lámina
1	Botiquín jaeger	1,49	Q 314,14
2	Botiquín especial	10,42	Q 2 196,86
3	Botiquín mini	0,38	Q 79,06
4	Botiquín clínico	1,49	Q 314,14
5	Camilla para examen	3,84	Q 809,59
6	Mesa de examen	3,93	Q 827,51
7	Carro de curaciones	4,62	Q 972,99
8	Carro electrocauterico	2,98	Q 628,28
9	Carro paro	7,75	Q 1 632,89
10	Armario unidosis	12,83	Q 2 703,91
	Totales	49,71	Q 10 479,36

Fuente: elaboración propia.

Los gastos de fabricación son los siguientes:

Tabla XL. **Gastos de fabricación semanales propuesto**

Gasto	Importe
Alquileres	Q 3 750,00
Materiales indirectos	Q 465,00
Energía eléctrica	Q 777,23
Agua potable	Q 96,64
Total	Q 5 088,87

Fuente: elaboración propia.

El costo unitario a cargar por gastos de fabricación se obtiene al dividir el total de gasto de fabricación y el número total de muebles semanales. El resultado es de Q. 149,67.

De los datos anteriormente, se establece el costo unitario de producción según cada tipo de mueble.

Tabla XLI. **Costo unitario de producción propuesto**

Nro.	Mueble	Costo unitario mano de obra directa	Costo unitario de lámina	Costo unitario de pintura	Gastos de fabricación unitarios	Costo unitario total
1	Botiquín jaeger	Q 146,93	Q 314,14	Q 10,32	Q 149,67	Q 621,06
2	Botiquín especial	Q 146,93	Q 2 196,86	Q 72,15	Q 149,67	Q 2 565,61
3	Botiquín mini	Q 146,93	Q 79,06	Q 2,60	Q 149,67	Q 378,26
4	Botiquín clínico	Q 146,93	Q 314,14	Q 10,32	Q 149,67	Q 621,06
5	Camilla para examen	Q 146,93	Q 809,59	Q 39,62	Q 149,67	Q 1 145,81
6	Mesa de examen	Q 146,93	Q 827,51	Q 40,50	Q 149,67	Q 1 164,61
7	Carro de curaciones	Q 146,93	Q 972,99	Q 47,62	Q 149,67	Q 1 317,20
8	Carro electrocauterico	Q 146,93	Q 628,28	Q 30,75	Q 149,67	Q 955,62
9	Carro paro	Q 146,93	Q 1 632,89	Q 53,63	Q 149,67	Q 1 983,12
10	Armario unidosis	Q 146,93	Q 2 703,91	Q 132,33	Q 149,67	Q 3 132,84
	Totales	Q 1 469,27	Q 10 479,36	Q 439,83	Q 1 496,73	Q 13 885,18

Fuente: elaboración propia.

3.6.3. Costo de producción

El costo de producción semanal se muestra en la siguiente tabla

Tabla XLII. Costo de producción semanal propuesto

COSTO DE PRODUCCIÓN Muebles y Diseños Industriales Semana del 12 al 17 de agosto de 2013		
Inventario inicial materia prima	Q	1 830,00
(+) Compras	Q	14 459,35
Materia prima disponible	Q	<u>16 289,35</u>
(-) Inventario final de materia prima	Q	2 297,30
Materia prima consumida	Q	<u>13 992,05</u>
(+) Mano de obra directa	Q	4 995,51
Costo primo	Q	<u>18 987,56</u>
Gastos fabricación		
Mano de obra indirecta	Q	4 753,31
Alquileres	Q	3 750,00
Materiales indirectos	Q	465,00
Energía eléctrica	Q	777,23
Agua potable	Q	96,64
	Q	<u>9 842,18</u>
Costo de producción	Q	<u><u>28 829,74</u></u>

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIII. **Estado de pérdidas y ganancias semanal propuesto**

ESTADO DE PÉRDIDAS Y GANANCIAS Muebles y Diseños Industriales Semana del 12 al 17 de agosto de 2013		
Ventas netas		Q35 554,93
Costo de ventas		<u>Q28 829,74</u>
Utilidad bruta		Q 6 725,19
Gastos de operación		
Gastos administrativos	Q800,00	
Gastos de ventas	<u>Q750,00</u>	Q 1 550,00
Utilidad antes de impuestos		Q 5 175,19
Impuesto ISR (31%)		Q 1 604,31
Utilidad neta		<u><u>Q 3 570,88</u></u>

Fuente: elaboración propia.

3.6.4. Flujo de caja

Para la realización del flujo de caja es necesario realizar el cálculo del precio de venta y los ingresos mensuales, a continuación los resultados:

Se espera una rentabilidad del 32 por ciento.

Tabla XLIV. Precio de venta unitario propuesto

Nro.	Mueble	Costo unitario total	Precio de venta
1	Botiquín jaeger	Q 621,06	Q 913,32
2	Botiquín especial	Q 2 565,61	Q 3 772,96
3	Botiquín mini	Q 378,26	Q 556,26
4	Botiquín clínico	Q 621,06	Q 913,32
5	Camilla para examen	Q 1 145,81	Q 1 685,02
6	Mesa de examen	Q 1 164,61	Q 1 712,66
7	Carro de curaciones	Q 1 317,20	Q 1 937,06
8	Carro electrocauterico	Q 955,62	Q 1 405,33
9	Carro paro	Q 1 983,12	Q 2 916,35
10	Armario unidosis	Q 3 132,84	Q 4 607,11
	Totales	Q 13 885,18	Q 20 419,38

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLV. Ingresos semanales propuesto

Nro.	Mueble	Cantidad semanal	Precio de venta	Ventas semanales
1	Botiquín jaeger	6	Q 913,32	Q 5 479,90
2	Botiquín especial	1	Q 3 772,96	Q 3 772,96
3	Botiquín mini	20	Q 556,26	Q11 125,22
4	Botiquín clínico	1	Q 913,32	Q 913,32
5	Camilla para examen	1	Q 1 685,02	Q 1 685,02
6	Mesa de examen	1	Q 1 712,66	Q 1 712,66
7	Carro de curaciones	1	Q 1 937,06	Q 1 937,06
8	Carro electrocauterico	1	Q 1 405,33	Q 1 405,33
9	Carro paro	1	Q 2 916,35	Q 2 916,35
10	Armario unidosis	1	Q 4 607,11	Q 4 607,11
	Totales	34	Q 20 419,38	Q35 554,93

Fuente: elaboración propia.

A continuación presenta el flujo de caja para el primer año, después de implementado el método propuesto

Tabla XLVI. Flujo de caja método propuesto

	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
Saldo Mes anterior	Q -	Q 10 914,88	Q 21 829,75	Q 32 744,63	Q 43 659,50	Q 54 574,38
Ingresos						
Ventas	Q 142 219,71	Q 142 219,71	Q 142 219,71	Q 142 219,71	Q 142 219,71	Q 142 219,71
Total ingresos	Q 142 219,71	Q 153 134,58	Q 164 049,46	Q 174 964,33	Q 185 879,21	Q 196 794,09
Egresos						
Materia prima (láminas)	Q 55 184,80	Q 55 184,80	Q 55 184,80	Q 55 184,80	Q 55 184,80	Q 55 184,80
Materia prima (pinturas)	Q 2 652,60	Q 2 652,60	Q 2 652,60	Q 2 652,60	Q 2 652,60	Q 2 652,60
Mano de obra directa	Q 19 982,03	Q 19 982,03	Q 19 982,03	Q 19 982,03	Q 19 982,03	Q 19 982,03
Mano de obra indirecta	Q 19 013,26	Q 19 013,26	Q 19 013,26	Q 19 013,26	Q 19 013,26	Q 19 013,26
Gastos de fabricación	Q 20 355,48	Q 20 355,48	Q 20 355,48	Q 20 355,48	Q 20 355,48	Q 20 355,48
Gastos de administración	Q 3 200,00	Q 3 200,00	Q 3 200,00	Q 3 200,00	Q 3 200,00	Q 3 200,00
Gastos de ventas	Q 3 000,00	Q 3 000,00	Q 3 000,00	Q 3 000,00	Q 3 000,00	Q 3 000,00
Depreciación	Q 7 916,67	Q 7 916,67	Q 7 916,67	Q 7 916,67	Q 7 916,67	Q 7 916,67
Total egresos	Q 131 304,83	Q 131 304,83	Q 131 304,83	Q 131 304,83	Q 131 304,83	Q 131 304,83
Saldo	Q 10 914,88	Q 21 829,75	Q 32 744,63	Q 43 659,50	Q 54 574,38	Q 65 489,26
	Mes 7	Mes 8	Mes 9	Mes 10	Mes 11	Mes 12
Saldo mes anterior	Q 65 489,26	Q 76 404,13	Q 87 319,01	Q 98 233,89	Q 109 148,76	Q 120 063,64
Ingresos						
Ventas	Q 142 219,71	Q 142 219,71	Q 142 219,71	Q 142 219,71	Q 142 219,71	Q 142 219,71
Total ingresos	Q 207 708,96	Q 218 623,84	Q 229 538,71	Q 240 453,59	Q 251 368,47	Q 262 283,34
Egresos						
Materia prima (láminas)	Q 55 184,80	Q 55 184,80	Q 55 184,80	Q 55 184,80	Q 55 184,80	Q 55 184,80
Materia prima (pinturas)	Q 2 652,60	Q 2 652,60	Q 2 652,60	Q 2 652,60	Q 2 652,60	Q 2 652,60
Mano de obra directa	Q 19 982,03	Q 19 982,03	Q 19 982,03	Q 19 982,03	Q 19 982,03	Q 19 982,03
Mano de obra indirecta	Q 19 013,26	Q 19 013,26	Q 19 013,26	Q 19 013,26	Q 19 013,26	Q 19 013,26
Gastos de fabricación	Q 20 355,48	Q 20 355,48	Q 20 355,48	Q 20 355,48	Q 20 355,48	Q 20 355,48
Gastos de administración	Q 3 200,00	Q 3 200,00	Q 3 200,00	Q 3 200,00	Q 3 200,00	Q 3 200,00
Gastos de ventas	Q 3 000,00	Q 3 000,00	Q 3 000,00	Q 3 000,00	Q 3 000,00	Q 3 000,00
Depreciación	Q 7 916,67	Q 7 916,67	Q 7 916,67	Q 7 916,67	Q 7 916,67	Q 7 916,67
Total egresos	Q 131 304,83	Q 131 304,83	Q 131 304,83	Q 131 304,83	Q 131 304,83	Q 131 304,83
Saldo	Q 76 404,13	Q 87 319,01	Q 98 233,89	Q 109 148,76	Q 120 063,64	Q 130 978,51

Fuente: elaboración propia.

3.6.4.1. Valor presente neto

Tiene como objetivo determinar si la realización del método propuesto es rentable y factible para MUDI.

Se aplicaron los siguientes criterios:

- Incremento del 2 por ciento anual de los ingresos.
- Incremento del 5,88 por ciento anual a la mano de obra, este porcentaje es el promedio del aumento salarial de los últimos dos años.
- Incremento del 5 por ciento anual al costo de pintura, gasto de fabricación y costo de láminas. Este porcentaje es el promedio del aumento de la inflación de los últimos dos años.
- La evaluación del proyecto es realizada para 5 años con una tasa de interés de 22 por ciento.

La siguiente tabla muestra el flujo neto del modelo propuesto.

Tabla XLVII. Flujo neto método propuesto

Concepto	Año					
	0	1	2	3	4	5
Ventas		Q 1 706 636,46	Q 1 740 769,19	Q 1 775 584,57	Q 1 811 096,27	Q 1 847 318,19
Valor de recuperación						
Total ingresos	Q -	Q 1 706 636,46	Q 1 740 769,19	Q 1 775 584,57	Q 1 811 096,27	Q 1 847 318,19
Mano de obra directa		Q 239 784,32	Q 253 883,64	Q 268 812,00	Q 284 618,14	Q 301 353,69
Mano de obra indirecta		Q 228 159,08	Q 241 574,83	Q 255 779,43	Q 270 819,26	Q 286 743,44
Materia prima (pintura)		Q 31 831,22	Q 33 422,78	Q 35 093,92	Q 36 848,62	Q 38 691,05
Materia prima (láminas)		Q 662 217,60	Q 695 328,48	Q 730 094,90	Q 766 599,65	Q 804 929,63
Gastos de fabricación		Q 244 265,72	Q 256 479,01	Q 269 302,96	Q 282 768,11	Q 296 906,51
Cabina	Q 475 000,00					
Flete	Q 8 000,00					
Servicios profesionales	Q 3 350,00					
Trabajos eléctricos y de albañilería	Q 13 068,00					
Mobiliario	Q 11 770,00					
Total egresos	Q 511 188,00	Q 1 406 257,95	Q 1 480 688,75	Q 1 559 083,22	Q 1 641 653,78	Q 1 728 624,32
Flujo antes de depreciación	Q (511 188,00)	Q 300 378,51	Q 260 080,44	Q 216 501,36	Q 169 442,48	Q 118 693,87
(-) Depreciación		Q 95 000,00				
Flujo antes de ISR	Q (511 188,00)	Q 205 378,51	Q 165 080,44	Q 121 501,36	Q 74 442,48	Q 23 693,87
ISR (31%)		Q 63 667,34	Q 51 174,94	Q 37 665,42	Q 23 077,17	Q 7 345,10
Flujo después de impuestos	Q (511 188,00)	Q 141 711,17	Q 113 905,51	Q 83 835,94	Q 51 365,31	Q 16 348,77
(+) Depreciación	Q -	Q 95 000,00				
Flujo neto	Q (511 188,00)	Q 236 711,17	Q 208 905,51	Q 178 835,94	Q 146 365,31	Q 111 348,77

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLVIII. Resumen flujo neto del modelo propuesto

Concepto	Año					
	0	1	2	3	4	5
Flujo neto	Q (511 188,00)	Q 236 711,17	Q 208 905,51	Q 178 835,94	Q 146 365,31	Q 111 348,77

Fuente: elaboración propia.

La fórmula para encontrar el valor presente es la siguiente:

$$VPN = \sum_{n=1}^{n=5} \frac{Vf}{(1+i)^n} - I_{inicial}$$

$$\text{VPN} = \text{Q } 540\,135,62 - \text{Q } 511\,188,00$$

$$\text{VPN} = \text{Q } 28\,947,62$$

El valor presente neto es de Q. 28 947,62, lo que indica que la inversión inicial se recupera, el proyecto obtiene un rendimiento del 22 por ciento y una ganancia adicional de Q. 28 947,62.

3.6.4.2. Relación beneficio - costo

La relación beneficio costos se calcula de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{Relacion Beneficio/Costo} = \frac{\text{VP}_{\text{Ingresos}}}{\text{VP}_{\text{Costos}}}$$

$$B/C = \frac{\text{Q. } 540\,135,62}{\text{Q. } 511\,188,00}$$

$$B/C = 1.06$$

El valor de la relación beneficio – costo es de 1,06, lo que indica que por cada quetzal invertido en el método propuesto, este está generando Q. 0,06 de ganancia.

3.7. Proyección operacional

A continuación se realiza una proyección de los costos, ganancias y eficiencias que se obtendrán al implementarse el método propuesto.

3.7.1. Rendimiento

Para determinar el rendimiento de la pintura en polvo es importante tener en cuenta dos variables

- Densidad específica (ρ_r): de 1,1 a 1,80 gramos por centímetro cúbico teniendo en cuenta que bajas densidades generan mayor rendimiento. Este dato es variable dependiendo del proveedor a quien se le adquiere la pintura., buscando siempre el mejor precio y mejor calidad.
- Espesor del recubrimiento: de 38 a 45 micras (μ) dependiendo del acabado del recubrimiento.

Teniendo claros los conceptos anteriores, se procede a calcular el rendimiento metro cuadrado por kilogramo, utilizando la siguiente fórmula.

$$R_{m^2 \times KG} = \frac{1000}{\rho_r * \text{Espesor en Micras}}$$

Utilizando una densidad específica de 1,3 gramos por centímetro cúbico y un espesor de 40 micras, sustituimos estos datos en la ecuación anterior y obtenemos como resultado que cada kilogramo de pintura en polvo rinde lo suficiente para pintar 19,23 metros cuadrados por kilogramo.

$$R_{m^2 \times KG} = \frac{1000}{1.3 * 40} = 19.23 \frac{m^2}{kg}$$

3.7.2. Eficiencia

Para el cálculo de la eficiencia total del departamento se tomó como base los datos obtenidos en las tablas XLIV y XLV.

Tabla XLIX. **Ganancias semanales método propuesto**

Nro.	Mueble	Ventas semanales	Costo total semanal	Ganancias semanales
1	Botiquín jaeger	Q 5 479,90	Q 3 726,33	Q 1 753,57
2	Botiquín especial	Q 3 772,96	Q 2 565,61	Q 1 207,35
3	Botiquín mini	Q 11 125,22	Q 7 565,15	Q 3 560,07
4	Botiquín clínico	Q 913,32	Q 621,06	Q 292,26
5	Camilla para examen	Q 1 685,02	Q 1 145,81	Q 539,21
6	Mesa de examen	Q 1 712,66	Q 1 164,61	Q 548,05
7	Carro de curaciones	Q 1 937,06	Q 1 317,20	Q 619,86
8	Carro electrocauterico	Q 1 405,33	Q 955,62	Q 449,71
9	Carro paro	Q 2 916,35	Q 1 983,12	Q 933,23
10	Armario unidosis	Q 4 607,11	Q 3 132,84	Q 1 474,28
	Totales	Q 35 554,93	Q 24 177,35	Q11 377,58

Fuente: elaboración propia.

Tabla L. **Eficiencia semanal método propuesto**

Nro.	Mueble	Ganancias semanales	Costo total semanal	Eficiencia
1	Botiquín jaeger	Q 1 753,57	Q 3 726,33	47%
2	Botiquín especial	Q 1 207,35	Q 2 565,61	47%
3	Botiquín mini	Q 3 560,07	Q 7 565,15	47%
4	Botiquín clínico	Q 292,26	Q 621,06	47%
5	Camilla para examen	Q 539,21	Q 1 145,81	47%
6	Mesa de examen	Q 548,05	Q 1 164,61	47%
7	Carro de curaciones	Q 619,86	Q 1 317,20	47%
8	Carro electrocauterico	Q 449,71	Q 955,62	47%
9	Carro paro	Q 933,23	Q 1 983,12	47%
10	Armario unidosis	Q 1 474,28	Q 3 132,84	47%
	Totales	Q 11 377,58	Q 24 177,35	47%

Fuente: elaboración propia.

La eficiencia total es el promedio de las eficiencias obtenidas en la tabla L, el resultado promedio obtenido fue de 47 por ciento.

4. IMPLANTACIÓN DEL MODELO PROPUESTO

4.1. Plan de acción

MUDI para implementar el modelo propuesto necesita realizar cambios en la infraestructura, así como enriquecer al personal en el conocimiento del método propuesto. En el siguiente apartado se detalla el plan de acción correspondiente.

4.1.1. Implementación del plan

Se define las actividades a realizar en la implementación del plan y responsables de las mismas en la siguiente tabla.

Tabla LI. Plan de acción

Nro.	Actividades	Mecanismo de seguimiento	Posibles problemas	Soluciones	Responsable	Duración (días)
1	Modificaciones físicas al taller.	Comunicación directa con las personas contratadas para estas actividades.	Retraso en la ejecución de las modificaciones.	Informar a compras de la situación para que atrase la recolección de la cabina en fábrica.	Jefe de taller	11
2	Confirmación de compra cabina al proveedor.	Comunicación directa con proveedor en México vía correo electrónico y teléfono	Confirmación de compra no recibida por proveedor.	Enviar confirmación al vendedor asignado por el proveedor y verificar telefónicamente la recepción de la misma.	Compras	50
3	Pago al contado de la cabina de pintura.	Comunicación directa con proveedor en México	Pago retrasado	Verificar con el banco el saldo de la cuenta antes de realizar la transferencia al proveedor.		
4	Coordinación de recolección de la cabina en fábrica, traslado hacia Guatemala y entrega en taller.	Comunicación directa con proveedor en México vía correo electrónico y teléfono	Fecha de despacho atrasada.	Confirmar una semana antes de la fecha de entrega pactada si la cabina ya esta lista.		
		Comunicación directa con el transportista vía correo electrónico y teléfono.	El transportista no llega a tiempo.	En cuanto se tenga confirmación de entrega del proveedor contactarse con el transporte terrestre para coordinar fecha de recolección en fábrica.		
		Comunicación directa con el agente de aduana vía correo electrónico y teléfono.	Problemas en aduanas.	Una vez recolectada la cabina en fábrica dar aviso al agente de aduana de que la carga esta en desplazamiento y enviar documentos necesarios para la exportación e importación. Para que proceda a preparar pagos y solicitar modificaciones a los documentos recibidos mismos de ser necesarios.		
5	Instalación de la cabina.	Comunicación directa con el propio a cargo de la instalación.	Problemas con la instalación.	Contactar al centro de ayuda del proveedor para explicar el problema, de ser necesario requerir la presencia del técnico del proveedor para que realice la instalación.	Jefe de taller	5
6	Fase de pruebas	Realización de pruebas de pintura en varios tipos de superficie y tipos de modelos.	Pruebas fallidas por calidad del acabado, entre otros.	Contactar al centro de ayuda del proveedor para explicar el problema, de ser necesario requerir la presencia del técnico del proveedor para que realice la instalación.	Jefe de taller	3
7	Formación del nuevo proceso	Capacitación al personal propio.	Problemas con el entendimiento de cómo utilizar la nueva cabina	Contactar al centro de ayuda del proveedor para explicar el problema, de ser necesario requerir la presencia del técnico del proveedor para que realice la instalación.	RRHH y Jefe de taller.	3

Fuente: elaboración propia.

4.1.2. Entidades responsables

En este apartado se definen las entidades que deben involucrarse en la implementación del método propuesto, así como las responsabilidades asignadas.

4.1.2.1. Gerencia

La gerencia de MUDI tiene las siguientes responsabilidades, con respecto a la implementación y tiempo durante el cual el método propuesto este siendo aplicado.

- Proporcionar todos los recursos económicos, materiales y de mano de obra para la implementación del método.
- Proporcionar el equipo de seguridad apropiado para el uso del método propuesto.
- Proporcionar las herramientas apropiadas para el uso del método propuesto.
- Verificar que las condiciones de higiene sean las más beneficiosas para los trabajadores.

4.1.2.2. Taller

El jefe de taller y todos los trabajadores del mismo, tienen las siguientes responsabilidades, con respecto a la implementación del método y tiempo durante el cual el método propuesto este siendo aplicado.

- Utilizar adecuadamente todos los recursos económicos, materiales y de mano de obra para la implementación del método.

- Cuidar el equipo de seguridad que les será asignado para el uso del método propuesto.
- Reportar cuando el equipo de seguridad que les será asignado necesite reparación o sea obsoleto.
- Cuidar las herramientas que les serán asignadas para el uso del método propuesto.
- Reportar cuando las herramientas que les serán asignadas necesiten reparación o sean obsoletas.
- No dañar las instalaciones.
- Reportar cualquier daño encontrado en las instalaciones.

4.2. Modificaciones de ambiente

Las modificaciones de ambiente necesarias para la implementación del modelo propuesto son las siguientes

- Nivelar el área donde se encontrara la nueva cabina de pintura.
- Instalar un sistema eléctrico para la nueva cabina.
- Señalizar correctamente el área del Departamento de Pintura y el resto de la planta.
- Adquirir dos estanterías cerradas y con chapa donde se almacenarán los insumos para el Departamento de Pintura.
- Instalar cuatro extintores en el área del taller y dos en la administración de la empresa.
- Adquirir nuevas mesas de trabajo adecuadas a las tareas que se realizan.
- Restaurar las instalaciones sanitarias.
- Construcción de dos sanitarios en el taller, adicional al ya existente.

- Adquirir 20 casilleros con puerta de malla y cerradura, los cuales serán ubicados en el área administrativa.

4.3. Modificaciones de maquinaria

Las modificaciones a la cabina de pintura fueron establecidos en el apartado 3.2, según lo siguiente

- Cabina tipo *batch* de filtro autolimpiante, de 3 metros de ancho, 3 metros de fondo y 2,60 metros de alto.
- Unidad recuperadora de pintura, compuestos de 8 filtros autolimpiantes.
- Extractor, de motor de 5 *horse power* con un cono de succión de fibra de vidrio.
- Dos lámparas fluorescentes de 220 voltios.
- Panel de control electrónico.
- Paredes y piso de acero inoxidable.

La cabina cotizada por una empresa mexicana tiene un precio de Q 475 000,00 más flete e impuestos de importación, el flete fue cotizado en Q 8 000,00 y debido al tratado de libre comercio con México no hay impuestos de importación.

4.4. Costos

Para realizar las modificaciones listadas en el apartado 4.2, MUDI debe incurrir en los siguientes gastos:

4.4.1. Planilla

Para la realización de las modificaciones al Departamento de Pintura MUDI deberá contratar un electricista profesional, un albañil y dos ayudantes de albañil. El presupuesto presentado por dichas personas es el siguiente:

Tabla LII. **Servicios profesionales modificaciones método propuesto**

Servicios profesionales	Cantidad	Importe	Importe total
Electricista profesional	1	Q 750,00	Q 750,00
Albañil	1	Q1 200,00	Q 1 200,00
Ayudante de albañil	2	Q 700,00	Q 1 400,00
	4	Q 2 650,00	Q 3 350,00

Fuente: elaboración propia.

4.4.2. Materiales

Para la realización de las modificaciones al Departamento de Pintura MUDI las personas a contratar para la realización de las mismas han presentado el siguiente presupuesto:

Tabla LIII. **Costo de materiales modificaciones método propuesto**

Trabajos eléctricos y de albañilería	Importe
Nivelación de la base de la cabina	Q 7 800,00
Nuevo sistema eléctrico	Q 1 568,00
Restaurar las instalaciones sanitarias	Q 1 200,00
Construcción sanitarios	Q 2 500,00
Total	Q13 068,00

Fuente: elaboración propia.

4.4.3. Costo de producción

El costo total de las modificaciones que son directamente atribuibles a la implementación de la nueva cabina, está representado en la siguiente tabla:

Tabla LIV. Costo total de modificaciones

Modificaciones	Importe
Servicios profesionales	Q 3 350,00
Trabajos eléctricos y de albañilería	Q 13 068,00
Total	Q 16 418,00

Fuente: elaboración propia.

4.4.4. Otros gastos

En este apartado se describen otros gastos que son necesarios realizar, estos no son directamente generados por la implementación del método propuesto, sino que son derivados de carencias reglamentarias de seguridad e higiene industrial de MUDI.

Tabla LV. Otros gastos modificaciones

Mobiliario	Importe
Señalización	Q 3 250,00
Estanterías	Q 2 500,00
Extintores	Q 1 200,00
Mesas de trabajo	Q 900,00
Casilleros	Q 3 920,00
Total	Q 11 770,00

Fuente: elaboración propia.

4.5. Capacitación a personal

La capacitación al personal tendrá una duración de cuatro días con una duración de dos horas por día y estará a cargo del jefe de recursos humanos y el jefe de taller. El costo estimado de dicha capacitación es de Q 6 500,00 que incluye los materiales a proporcionar y alquiler de equipo de proyección.

La agenda de la capacitación debe contener como mínimo los siguientes temas, quedando abierta a modificaciones que MUDI considere necesarias.

Tabla LVI. **Agenda de capacitación al personal**

Día	Actividad	Responsable
1	Bienvenida a la capacitación	Jefe de RRHH
	Presentación de los objetivos	Jefe de RRHH
	Presentación del método actual de aplicación de pintura.	Jefe de taller
	Presentación del método propuesto de aplicación de pintura.	Jefe de taller
	Diferencias entre los métodos	Jefe de taller
	Dudas y respuestas	Jefe de taller
2	Indicaciones de seguridad	Jefe de taller
	Presentación de la pistola de aplicación y demostración de la carga de la pintura en los cartuchos y limpieza de los mismos.	Jefe de taller
	Presentación de la unidad de poder y demostración de uso.	Jefe de taller
	Presentación de la unidad de recuperación de pintura y demostración de su uso.	Jefe de taller
	Presentación del extractor de aire y demostración de uso	Jefe de taller
	Dudas y respuestas	Jefe de taller
3	Demostración de la conexión eléctrica de la pieza a pintar.	Jefe de taller
	Demostración del método propuesto de aplicación de pintura.	Jefe de taller
	Practica del personal con el método propuesto de aplicación de pintura.	Jefe de taller
	Dudas y respuestas	Jefe de taller
4	Practica del personal con el método propuesto.	Jefe de taller
	Dudas y respuestas	Jefe de taller
	Evaluación final de la capacitación	Jefe de RRHH

Fuente: elaboración propia.

5. IMPACTO AMBIENTAL

En todo proceso de producción es importante realizar las acciones posibles para que este en sí sea lo menos dañino posible al medio ambiente, cada vez más organismos internacionales están creando normas de medio ambiente que comprometen a las empresas al correcto manejo de su proceso.

5.1. Situación actual

MUDI utiliza un sistema de aplicación de pintura líquida por aspersion, a continuación se analiza el impacto ambiental generado por este método de aplicación.

5.1.1. Contaminantes

En el método actual el principal contaminante utilizado es el solvente el cual en grandes cantidades y exposición constante afecta la salud de los trabajadores.

El solvente es una mezcla de disolventes de naturaleza orgánica derivados del petróleo que ha sido diseñado para disolver, diluir o adelgazar sustancias insolubles en agua, como la pintura, los aceites y las grasas.

El solvente está compuesto por los siguientes, todas ellas tóxicas para el ser humano.

- Disolvente activo: es el que tendrá un efecto directo sobre lo que se está disolviendo. El disolvente principal es el tolueno.

- Cosolvente: potenciará el efecto del disolvente activo. El cosolvente principal es el benceno.
- Diluyente: dará volumen al compuesto

Si el producto es liberado en el suelo se evaporará antes de que pueda ser absorbido. En agua, la mayor parte de los componentes son biodegradables. Una parte se evaporará. El tiempo máximo de vida en río es de 10 horas para el componente crítico. Si el producto se libera en la atmósfera, se degrada al reaccionar con radicales hidróxilo producidos fotoquímicamente en un tiempo medio de 17 días para el componente crítico; los demás productos tienen un tiempo de vida menor a 60 horas. No es acumulable en plantas, peces o animales.

Según los datos obtenidos en el capítulo 2, semanalmente se compran dos cubetas de pintura en esmalte de cinco galones cada una, para un total de diez galones.

La proporción de solvente utilizada es por cada galón de pintura se utiliza 10 por ciento de galón de solvente. Por lo que la cantidad de galones de solvente a utilizar queda según la siguiente fórmula.

$$C_{\text{solvente}} = \text{galones de pintura} * 10\%$$

$$C_{\text{solvente}} = (10) * 10\% = 1 \text{ galones de solvente semanal}$$

MUDI realiza un consumo de 1 galón de solvente semanal, lo que se convierte en 52 galones anuales de solvente.

5.1.2. Energía eléctrica

La energía eléctrica utilizada en el método actual corresponde a los siguientes aparatos.

- 4 lámparas incandescentes de 60 watt cada una.
- Extractor Modelo TTB-400 potencia de $\frac{1}{2}$ *horse power*, su equivalente en el sistema internacional es de 0,67 kilowatt.
- Compresor Vertical Campbell Hausfeld Maxus EX820 potencia de 2 *horse power*, su equivalente en el sistema internacional es de 1,50 kilowatt.

La jornada laboral de MUDI es la diurna normal, trabajando 8 horas diarias de lunes a viernes y 4 horas los días sábados, para un total de 176 horas mensuales. El precio del kilowatt por hora es de Q 1,713949.

Tabla LVII. Consumo mensual energético actual

Aparato	Cantidad	KW	Horas	Precio KWH	Total
Lámparas incandescentes	4	0,06	176	1,713949	Q 72,40
Extractor modelo TTB-400	1	0,67	176	1,713949	Q 202,11
Compresor Vertical Campbell HausfeldMaxus EX820	1	1,5	176	1,713949	Q 452,48
Total	6	2,23	528		Q 726,99

Fuente: elaboración propia.

5.1.3. Aguas residuales

Las aguas residuales producidas por el Departamento de Pintura únicamente corresponden al lavado de las piezas y a las aguas negras provenientes del sanitario. Ninguna de estas aguas requiere de tratamiento especial por lo que pueden ser liberadas en los drenajes públicos.

5.1.4. Desechos sólidos

Los desechos sólidos generados por el Departamento de Pintura consisten en los siguientes:

- Cubetas plásticas de pintura vacías.
- Galones plásticos de solventes vacíos.
- Papel protector de superficie.

Ninguno de estos desechos requiere de tratamiento especial por lo que pueden ser desechadas en el servicio de recolección basura local o bien ser entregadas a una empresa recicladora.

5.2. Proyección

El método propuesto sustituye el sistema de aplicación de aspersion de pintura líquida por uno de aplicación por carga electrostática de pintura en polvo, a continuación se analiza el impacto ambiental que generará el método propuesto.

5.2.1. Contaminantes

La sustitución del sistema de pintura esmalte por uno de pintura en polvo, elimina la utilización del solvente y por ende se elimina este contaminante del proceso.

5.2.2. Energía eléctrica

La energía eléctrica utilizada en el método propuesto corresponde a los siguientes aparatos.

- 2 lámparas incandescentes de 220 voltios.
- Extractor de motor de 5 *horse power* con un cono de succión de fibra de vidrio.

La jornada laboral de MUDI es la diurna normal, trabajando 8 horas diarias de lunes a viernes y 4 horas los días sábados, para un total de 176 horas mensuales. El precio del kilowatt por hora es de Q 1,713949.

Tabla LVIII. Consumo mensual energético método propuesto

Aparato	Cantidad	KW	Horas	Precio KWH	Total
Extractor de motor de 5 HP	1	3,73	176	1,713949	Q 1 125,17
Lámparas fluorescentes	2	3,3	176	1,713949	Q 1 990,92
Total	3	7,03	352	3,427898	Q 3 116,10

Fuente: elaboración propia.

El incremento en el consumo energético se debe a que el método propuesto necesita que la pieza a pintar esté conectada eléctricamente para que la pintura en polvo se pueda adherir a la superficie.

5.2.3. Aguas residuales

Las aguas residuales producidas por el Departamento de Pintura únicamente corresponderían al lavado de las piezas y a las aguas negras provenientes del sanitario. Ninguna de estas aguas requiere de tratamiento especial por lo que pueden ser liberadas en los drenajes públicos.

5.2.4. Desechos sólidos

La pintura en polvo es empacada en cajas de cartón, tal como lo muestra la siguiente imagen.

Figura 22. Empaque secundario pintura en polvo



Fuente: Bodega producto minorista Dupont Power Coatings.

Dentro de estas cajas se encuentran bolsas plásticas resistentes, las cuales contienen 1 kilogramo de pintura cada una. A continuación se muestra imagen del empaque primario.

Figura 23. **Empaque primario pintura en polvo**



Fuente: Bodega producto minorista Dupont Power Coatings.

Los desechos sólidos que generaría el Departamento de Pintura utilizando el método propuesto consisten en los siguientes:

- Cajas de empaque pintura en polvo.
- Bolsas de empaque pintura en polvo.
- Papel protector de superficie.

Ninguno de estos desechos requiere de tratamiento especial, estos pueden ser eliminados en el servicio de recolección basura local o bien ser entregadas a una empresa recicladora.

5.3. Plan de contingencia

Un plan de contingencia es una herramienta a ser implementado dentro del funcionamiento y operación de un proyecto para saber qué hacer en caso de una emergencia ya sea de tipo natural o causado por el mismo ser humano.

MUDI deberá implementar como mínimo los siguientes planes de contingencia, cabe destacar que no se limitan a estos y los mismos deberán ser revisados y actualizados periódicamente.

- Plan de contingencia para el manejo del solvente.
- Plan de contingencia en caso de incendio.
- Plan de contingencia en caso de terremoto.
- Plan de contingencia en caso de electrocución.

Tabla LIX. Plan de contingencia para el manejo del solvente

PLAN DE CONTINGENCIA		
MUEBLES Y DISEÑOS INDUSTRIALES		
Amenaza	Contacto con solventes	
Plan de prevención		
Riesgo	Acción	Responsable
Inhalación	Utilizar mascarilla protectora	Jefe de taller / personal con acceso a los solventes
Ingestión	Etiquetar los recipientes	Jefe de taller / personal con acceso a los solventes
	Almacenar solventes en los recipientes adecuados.	Jefe de taller / personal con acceso a los solventes
	Almacenar los recipientes en el área determinada.	Jefe de taller / personal con acceso a los solventes
Contacto con piel	Utilizar la vestimenta adecuada (pantalón de lona, camisa manga larga, bata)	Jefe de taller / personal con acceso a los solventes
	Utilizar guantes protectores	Jefe de taller / personal con acceso a los solventes
Contacto con ojos	Utilizar gafas protectoras	Jefe de taller / personal con acceso a los solventes
Plan en caso de emergencia		
Riesgo	Acción	Responsable
Inhalación	Tomar precauciones para su propia seguridad.	Personal capacitado
	Utilizar equipo de protección personal adecuado.	Personal capacitado
	Retirar la fuente de contaminación	Personal capacitado
	Retirar a la víctima de la exposición.	Personal capacitado
	Administrar respiración artificial si la víctima no respira o resucitación cardiopulmonar de ser necesario.	Personal capacitado
	Evitar contacto boca a boca	Personal capacitado
	Obtener atención médica de inmediato.	Personal capacitado
Ingestión	Lavar los labios con agua	Personal capacitado
	Si la víctima está consciente y no convulsiona, darle a beber uno o dos vasos de agua o leche para diluir el material en el estómago.	Personal capacitado
	No inducir el vómito, si éste ocurre naturalmente, mantener a la víctima inclinada hacia adelante para reducir el riesgo de aspiración y repita la administración de agua.	Personal capacitado
	Obtener atención médica de inmediato.	Personal capacitado
Contacto o absorción	Retirar el exceso de producto	Personal capacitado
	Retirar todas las prendas contaminadas.	
	Lavar por completo el área contaminada con abundante agua fría y un jabón no abrasivo durante por lo menos 20 minutos, o hasta que el producto sea removido. Si persiste la irritación repetir el lavado.	Personal capacitado
	Descontaminar prendas antes de su reutilización.	Personal capacitado
	Obtener atención médica de inmediato.	Personal capacitado
Contacto con ojos	Lave con abundante agua fría por 15 min., abriendo los párpados.	Personal capacitado
	No aplique ni gotas ni ungüentos.	Personal capacitado
	Obtener atención médica de inmediato.	Personal capacitado

Fuente: elaboración propia.

Tabla LX. **Plan de contingencia en caso de incendio**

PLAN DE CONTINGENCIA		
MUEBLES Y DISEÑOS INDUSTRIALES		
Amenaza	Incendio	
Plan de prevención		
Acción	Responsable	
Colocar alarma contra incendio	Gerencia / personal capacitado	
Verificar funcionamiento alarma contra incendio	Gerencia / personal capacitado	
Colocar extintores ABC	Gerencia / personal capacitado	
Verificar funcionamiento extintores	Gerencia / personal capacitado	
Capacitar al personal en uso de extintores	Gerencia / personal capacitado	
Resguardar los solventes en el área adecuada	Jefe de taller / personal taller	
Inspección anual de red eléctrica	Gerencia / personal capacitado	
Plan en caso de emergencia		
Riesgo	Acción	Responsable
Incendio menor	Evacuar al personal a un área segura	Jefe de taller / todo el personal
	No usar agua para extinguir el incendio.	Jefe de taller / todo el personal
	Utilizar el extintor más cercano, aproximándose al fuego en la misma dirección que el viento.	Personal capacitado
Incendio mayor	Evacuar a todo el personal, clientes y visitantes a una distancia de 25 a 50 metros. Si hay un contenedor involucrado, evacuar a 800 metros.	Gerencia / personal capacitado
	Tomar lista del personal, para confirmar todos fueron evacuados.	Gerencia / personal capacitado
	Pedir auxilio a los bomberos municipales.	Gerencia / personal capacitado
	Evaluar si alguno de los evacuados necesita atención médica, de ser así proporcionar primeros auxilios.	Gerencia / personal capacitado
	No ingresar a las instalaciones, hasta que los bomberos determinen que es seguro.	Gerencia / personal capacitado

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXI. **Plan de contingencia en caso de terremoto**

PLAN DE CONTINGENCIA		
MUEBLES Y DISEÑOS INDUSTRIALES		
Amenaza	Terremoto	
Plan de prevención		
Realizar simulacros con todo el personal	Gerencia / todo el personal	
Señalizar ruta de evacuación	Gerencia / personal capacitado	
Mantener libre el paso en las rutas de evacuación	Gerencia / todo el personal	
Elaborar kit de emergencia	Gerencia / todo el personal	
Plan en caso de emergencia		
Riesgo	Acción	Responsable
Durante el terremoto.	Mantener la calma y permanecer en el interior.	Todo el personal
	Ubicarse en áreas seguras.	Todo el personal
	Visualizar las rutas de evacuación	Todo el personal
	Visualizar el kit de emergencia	Todo el personal
Después del terremoto.	Evacuar las instalaciones	Gerencia / todo el personal
	Recolectar kit de emergencia	Gerencia / jefe de taller
	Ubicar al personal en un área segura	Gerencia / todo el personal
	Realizar lista de personal evacuado	Gerencia / todo el personal
	Verificar estado físico y emocional del personal.	Gerencia / jefe de taller
	Aplicar primeros auxilios al personal que lo necesite	Personal capacitado
	Notificar a las autoridades de personas lesionadas y / o desaparecidas.	Gerencia / jefe de taller
	No ingresar nuevamente a las instalaciones hasta que las autoridades pertinentes den su aprobación.	Todo el personal

Fuente: elaboración propia.

Tabla LXII. **Plan de contingencia en caso de electrocución**

PLAN DE CONTINGENCIA		
MUEBLES Y DISEÑOS INDUSTRIALES		
Amenaza	Electrocución	
Plan de prevención		
Acción	Responsable	
Verificar funcionamiento red eléctrica	Gerencia / personal capacitado	
Colocar señalización de elementos eléctricos	Gerencia / personal capacitado	
Capacitar al personal en la conexión de la cabina de pintura.	Gerencia / RRHH	
Capacitar al personal en el rescate de personal en riesgo de electrocución.	Gerencia / RRHH	
Mantenimiento anual de red eléctrica	Gerencia / personal capacitado	
Plan en caso de emergencia		
Acción	Responsable	
Reportar el accidente a la línea de emergencia	Todo el personal	
Desconectar la llave de paso general de energía	Gerencia / jefe de taller	
Interrumpir el contacto entre la víctima y la fuente de electricidad.	Ubicar a la persona que realiza el rescate sobre un lugar seco y aislante.	Personal capacitado
	Alejar la fuente de contacto eléctrico de la la víctima, utilizar para ello un instrumento de madera o de plástico.	Personal capacitado
Aplicar primeros auxilios	Personal capacitado	

Fuente: elaboración propia.

5.4. Manejo de desechos

Tanto en el método actual como en el método propuesto, ninguno de los desechos generados necesita de un tratamiento especial.

Debido a esto pueden ser desechados en el servicio de recolección de basura local o entregados a una empresa recicladora, siendo la segunda opción la más recomendable, puesto que MUDI puede obtener ingresos por la venta de estos desechos.

6. MEJORA CONTINUA DEL MODELO

6.1. Resultados proyectados

Los datos obtenidos del método actual y los datos proyectados del método se detallan en la siguiente tabla.

Tabla LXIII. Datos finales método actual y método propuesto

Concepto	Método actual	Método propuesto	Variación
Costo total	Q 28 323,29	Q 28 829,74	Q 506,45
Utilidades	Q 2 620,69	Q 3 570,88	Q 950,19
Tiempo de proceso (min)	151,67	121,12	-30,15
Eficiencia total	43%	47%	4%

Fuente: elaboración propia.

6.1.1. Interpretación

De la tabla LXIII, se puede observar que el costo de producción semanal aumenta en Q 506,45, mientras que las utilidades aumentan en Q 950,19 semanalmente, lo que le proporciona a MUDI una ganancia adicional anual de Q 49 409,88.

Se tiene una reducción semanal en el tiempo del proceso de 30,55 minutos, que al totalizar el año es la cantidad de 1 588,60 minutos, lo que equivale a 13,12 ciclos de producción adicionales al año.

La eficiencia total de la empresa tiene un incremento del 4 por ciento, el cual es resultado de la disminución de costos en el Departamento de Pintura.

6.1.2. Aplicación

La aplicación del método propuesto representa una mejora significativa en lo referente a los costos y eficiencias totales, beneficiando a MUDI con un incremento anual de Q 49 409,88 en las utilidades.

La implementación del método propuesto debe realizarse según lo establecido en la tabla LI, tratando de apegarse los tiempos de cada actividad.

6.2. Proceso de mejora

El proceso del Departamento de Pintura debe ser revisado trimestralmente con objetivo de identificar las fallas que pueda presentar y la solución a las mismas.

La aplicación de la Producción más Limpia puede ser ampliada a la totalidad del proceso del taller, puesto que en otras áreas existen fuertes oportunidades de mejora en el aprovechamiento de sobrantes de materias primas, tales como los perfiles de hierro y pedazos de lámina demasiado pequeños para ser utilizados en la elaboración de un mueble.

Se establece el siguiente procedimiento general para la aplicación de mejora continua.

Tabla LXIV. **Proceso de mejora continua**

Procedimiento de mejora continua	
1	Identificar la tarea o proceso que se desea someter a mejora continua.
2	Verificar si el proceso que se realiza es realmente el que se tiene documentado.
3	Estudiar cada una de las actividades para encontrar posibles mejoras.
4	Realizar análisis técnico de las posibles mejoras
5	Si el análisis técnico es aprobado seguir con los pasos 6 a 11, de lo contrario regresar al paso 3.
6	Realizar analisis económico de las posibles soluciones.
7	Si el analisis económico es favorable, iniciar planificación de implantación.
8	Implantacion de la mejora
9	Pruebas de la mejora
10	Capacitacion de la mejora
11	Seguimiento de la mejora

Fuente: elaboración propia.

6.3. Mantenimiento preventivo

La cabina de pintura del método propuesto debe recibir mantenimiento trimestral, en el cual debe realizarse como mínimo las siguientes actividades.

Tabla LXV. **Mantenimiento preventivo cabina propuesta**

Actividades mantenimiento preventivo	
1	Limpieza profunda de la cabina
2	Limpieza profunda de la unidad de poder
3	Limpieza profunda del extractor
4	Limpieza profunda de la unidad de recuperación.
5	Limpieza profunda de mangueras conductoras y pistola de aplicación
6	Limpieza profunda de bases y ganchos
7	Lubricación del equipo
8	Revisión del sistema eléctrico
9	Calibración de la pistola de aplicación
10	Pruebas finales al equipo

Fuente: elaboración propia.

6.4. Mantenimiento correctivo

El mantenimiento correctivo de la cabina de pintura del método propuesto debe ser detectado en alguno de los mantenimientos preventivos que se realizan, es responsabilidad de la Gerencia tener disponibles como mínimo Q 15 000,00 para cubrir los gastos de traslado y hospedaje del técnico que el proveedor en México envíe para el diagnóstico de final de la falla.

El costo final del mantenimiento correctivo será determinado por técnico del proveedor y por temas de garantía este mantenimiento deberá ser realizado por el técnico del proveedor.

6.5. Ventajas y beneficios

Las ventajas y beneficios de la pintura en polvo sobre la pintura en esmalte son las siguientes:

- Ventajas.
 - Resistencia mecánica: la pintura en polvo es mucho más resistente a los golpes, rayaduras, entre otros.
 - Resistencia química: resiste más la intemperie, los rayos ultravioleta, los ácidos, alcalinos, entre otros.
 - Es termoendurente, una vez curada no se vuelve a derretir con calor.
 - Monocapa (una sola aplicación).
 - Recubrimientos con espesores de capa de: 50-80 micras garantizados, mientras que las pinturas convencionales no logran dichos espesores.
- Beneficios.
 - El polvo que no se fija a la pieza durante la aplicación) puede ser recuperado y reutilizado.
 - Apariencia: la pieza pintada parece más fina, de mejor calidad, porque la película es mucho más gruesa y aparenta mayor volumen visual.
 - Redondea los filos.
 - La pintura es más tersa al tacto.
 - Fabricada y aplicada sin el uso de solventes, no emiten gases tóxicos, por lo tanto, son pinturas ecológicas y de un impacto ambiental muy bajo, lo cual la hace amigable con el medio ambiente.
 - Gran variedad de colores y acabados.
 - Los cambios de color son más rápidos y sencillos que con los revestimientos líquidos.

CONCLUSIONES

1. La aplicación de la metodología de Producción más Limpia, enfocada en el Departamento de Pintura, incrementa la eficiencia del mismo en 4 por ciento.
2. El rendimiento de pintura del método actual es de 13 metros cuadrados por litro, con un costo de Q 4,12 el metro cuadrado utilizando cualquiera el color café claro o blanco, mientras que el rendimiento de pintura del método propuesto es de 19,23 metros cuadrados por kilogramo, con un costo de Q 3,46 el metro cuadrado pintado de blanco y Q 5,16 el metro cuadrado pintado de café.
3. Los contaminantes utilizados y generados en el método actual son el solvente utilizado para diluir la pintura, los recipientes de plástico que contienen el solvente y cubetas plásticas de pintura.
4. El tiempo estándar del método actual es de 151,67 minutos y el tiempo de estándar del método propuesto es de 121,12 minutos, lo que equivale a una reducción de 20,14 por ciento en tiempo.
5. En la aplicación del método propuesto se elimina la utilización de solventes y el empaque de la pintura en polvo es en cajas de cartón, por lo que se elimina la generación de desechos plásticos y se sustituye por desechos de papel que pueden ser reciclados.

6. La capacitación diseñada para el uso del método propuesto, permitirá a los trabajadores realizar las funciones de la forma adecuada, así como les brindará la capacidad de identificar nuevas oportunidades de aplicación de Producción más Limpia.

RECOMENDACIONES

1. Ampliar la agenda y temas de capacitación del jefe de taller y operarios del mismo e involucrar al personal administrativo en la misma.
2. Estudiar otras áreas de la empresa en busca de nuevas oportunidades de mejora, iniciando con el Área de Corte de las láminas.
3. Realizar un inventario de la maquinaria, equipo y herramienta de la empresa y designar responsables sobre las mismas.
4. Establecer controles de mantenimiento preventivo y correctivo de las instalaciones, maquinaria, equipo y herramienta, indicando acciones realizadas, responsable, observaciones y recomendaciones respectivas.
5. Realizar simulacros de incendio y terremoto, en los cuales todo el personal debe participar. Adicional a estos simulacros, se recomienda que el personal participe en una formación de primeros auxilios y en el uso correcto de extintores.

BIBLIOGRAFÍA

1. GARCÍA, Jorge. *Evaluación comparativa de factores técnico económicos en la utilización de recubrimientos líquidos y en polvo para metales*. Trabajo de graduación de Ing. Químico. Universidad de San Carlos de Guatemala; Facultad de Ingeniería, 1994, 49 p.
2. GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Estudio del trabajo*. 2a ed., México: Mc-Graw Hill, 2005, 459 p.
3. LELAND T, Anthony Tarquín. *Ingeniería económica*. 6a ed. México: Mc-Graw Hill, 2006, 816 p.
4. NIEBEL, Benjamín. *Ingeniería industrial: métodos, estándares y diseño del trabajo*. 11a ed. México: Alfaomega, 2004, 745 p.
5. OLIVEROS, Fidel. *Recubrimiento metálico con pintura electrostática*. Trabajo de graduación de Ing. Químico. Universidad de San Carlos de Guatemala; Facultad de Ingeniería, 1998, 46 p.
6. PERDOMO SALGUERO, Mario Leonel. *Costos de producción: contabilidad V*. Guatemala: ECAFYA, 1999, 145 p.
7. SAMPIERI, Roberto. *Metodología de la investigación*. 4a ed. México: Mc-Graw Hill, 2008, 850 p.

8. SÁNCHEZ, Roberto. *La utilización de la pintura en polvo como sustituto en el esmalte horneable en la industria guatemalteca y sus consideraciones técnicas*. Trabajo de graduación de Ing. Químico. Universidad de San Carlos de Guatemala; Facultad de Ingeniería, 1994, 54 p.

ANEXOS

Anexo I. Método de calificación

HABILIDAD	ESFUERZO
15% A1	13% A1
13% A2 Habilísimo	12% A2 Excesivo
11% B1	10% B1
8% B2 Excelente	8% B2 Excelente
6% C1	5% C1
3% C3 Bueno	2% C2 Bueno
0% D Promedio	0% D Promedio
-5% E1	-4% E1
-10% E2 Regular	-8% E2 Regular
-15% F1	-12% F1
-22% F2 Deficiente	-17% F2 Deficiente
CONDICIONES	CONSISTENCIA
6% A Ideales	4% A Perfecto
4% B Excelente	3% Excelente
2% Buena	1% Buena
0% Promedio	0% D Promedio
-3% Regulares	-2% E Regulares
-7% Malas	-4% Deficientes

Fuente: GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Estudio del trabajo*, 2a ed. México: Mc-Graw Hill, 2005, p. 213 y 214.

Anexo II. Sistema de suplementos por descanso como porcentaje de los tiempos normales

1. Suplementos Constantes		Hombres	Mujeres
Suplementos por necesidades personales	5%	7%	
Suplementos por fatiga	4%	4%	
2. Suplementos Variables		Hombres	Mujeres
A. Suplemento por trabajar de Pie	2%	4%	
B. Suplemento por postura anormal			
Ligeramente incomoda	0%	1%	
Incomoda (inclinado)	2%	3%	
Muy incomoda (echado, estirado)	7%	7%	
C. Uso de la Fuerza o de la energia Muscular			
Peso Levantado por Kilogramo			
2.50	0%	1%	
5.00	1%	2%	
7.50	2%	3%	
10.00	3%	4%	
12.50	4%	6%	
15.00	5%	8%	
17.50	7%	10%	
20.00	9%	13%	
22.50	11%	16%	
25.00	13%	20 % (max.)	
30.00	17%		
33.50	22%		
D. Mala Iluminacion			
Ligeramente debajo de la potencia calculada			
Bastante por debajo			
Absolutamente Insuficiente			
E. Condiciones Atmosfericas (Calor y humedad)			
Indice de enfriamiento en el termometro húmedo de - Suplemento			
Kata (microcalorías / cm ² / segundo)			
	16	0%	
	14	0%	
	12	0%	
	10	3%	
	8	10%	
	6	21%	
	5	31%	
	4	45%	
	3	64%	
	2	100%	
F. Concentracion Intensa		Hombres	Mujeres
Trabajos de cierta precision		0%	0%
Trabajos de precision o latigosos		2%	2%
Trabajos de gran precision o muy latigosos		5%	5%
G. Ruido			
Continuo		0%	0%
Intermitente y fuerte		2%	2%
Intermitente y muy fuerte		5%	5%
Estridente y fuerte			
H. Tension Mental			
Proceso bastante complejo		1%	1%
Proceso complejo o atencion dividida entre muchos procesos		4%	4%
Muy complejo		8%	8%
I. Monotonia			
Trabajo algo monotono		0%	
Trabajo bastante monotono		1%	
Trabajo muy monotono		4%	
J. Tedio			
Trabajo algo aburrido		0%	0%
Trabajo aburrido		2%	1%
Trabajo muy aburrido		5%	2%

Fuente: GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Estudio del trabajo*, 2a ed. México: Mc-Graw Hill, 2005, p. 213 y 214.

Anexo III. Tabla Westinghouse

Indica el número de observaciones necesarias en función de la duración del ciclo y del número de piezas que se fabrican al año. Esta tabla solo es de aplicación a operaciones muy repetitivas realizadas por operadores muy especializados. En caso de que no tengan la especialización requerida, deberá multiplicarse el número de observaciones obtenidas por 1.5

Tiempo de Ciclo (min)	Número de Ciclos que Cronometrar
0.10	200
0.25	100
0.50	60
0.75	40
1.00	30
2.00	20
4.00 - 5.00	15
5.00 - 10.00	10
10.00 - 20.00	8
20.00 - 40.00	5
Más de 40.00	3

Fuente: GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Estudio del trabajo*, 2a ed. México: Mc-Graw Hill, 2005, p. 208.

