

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
INGENIERÍA INDUSTRIAL

ESTÁNDARES DE PRODUCCIÓN DE TUBO Y EMPAQUE EN LAS LÍNEAS
DE EXTRUSIÓN DE PVC DE LA EMPRESA AMA S.A., SAN ESTEBAN,
CHIQUMULA



LESLEY MELISSA COLINDRES SÁNCHEZ

CHIQUMULA, GUATEMALA, SEPTIEMBRE 2019

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
INGENIERÍA INDUSTRIAL

ESTÁNDARES DE PRODUCCIÓN DE TUBO Y EMPAQUE EN LAS LÍNEAS
DE EXTRUSIÓN DE PVC DE LA EMPRESA AMA S.A., SAN ESTEBAN,
CHIQUMULA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Sometido a consideración del Honorable Consejo Directivo

Por

LESLY MELISSA COLINDRES SÁNCHEZ

Al conferírsele el título de

INGENIERA INDUSTRIAL

En el grado académico de

LICENCIADA

CHIQUMULA, GUATEMALA, SEPTIEMBRE 2019

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE
INGENIERÍA INDUSTRIAL**



RECTOR
M.Sc. Ing. MURPHY OLYMPO PAIZ RECINOS

CONSEJO DIRECTIVO

Presidente:	Ing. Agr. Edwin Filiberto Coy Cordón
Representante de Profesores:	M.Sc. Mario Roberto Díaz Moscoso
Representante de Profesores:	M.Sc. Gildardo Guadalupe Arriola Mairén
Representante de Graduados:	Inga. Evelin Dee Dee Sumalé Arenas
Representante de Estudiantes:	A.T. Estefany Rosibel Cerna Aceituno
Representante de Estudiantes:	P.C. Elder Alberto Masters Cerritos
Secretaria:	Licda. Marjorie Azucena González Cardona

AUTORIDADES ACADÉMICAS

Coordinador Académico:	M. A. Edwin Rolando Rivera Roque
Coordinador de Carrera:	MBA. Carlos Enrique Aguilar Rosales

ORGANISMO COORDINADOR DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN

Presidente:	MBA. Carlos Enrique Aguilar Rosales
Secretario:	MBA. René Estuardo Alvarado González
Vocal:	Ing. Elder Avildo Rivera López

TERNA EVALUADORA

Ing. Luis Alberto Saavedra Vargas
Ing. Carlos Enrique Monroy
Ing. Wilder Uribe Guevara Carrera



MAAL.01.19

Chiquimula, 21 de febrero de 2019.

Ing. Carlos Enrique Aguilar Rosales
Coordinador Carreras de Ingenierías
CUNORI – USAC

Respetado Ing. Aguilar Rosales:

Atentamente me dirijo a usted para hacer de su conocimiento que he revisado y efectuado las correcciones del caso al trabajo de graduación: **“ESTÁNDARES DE PRODUCCIÓN DE TUBO Y EMPAQUE EN LAS LÍNEAS DE EXTRUSIÓN DE PVC DE LA EMPRESA AMA S.A., SAN ESTEBAN, CHIQUIMULA”**, presentado por la estudiante **LESLY MELISSA COLINDRES SÁNCHEZ**.

Habiendo llenado dicho trabajo los requisitos, me permito aprobarlo en calidad de Asesor - Revisor del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Milton Adalberto Álas Loaiza
Ingeniero Asesor - Revisor

C.c. archivo



CEPSII.03.2019

Chiquimula, 1 de abril de 2019.

Ing. Carlos Enrique Aguilar Rosales
Coordinador Carreras de Ingeniería
CUNORI - USAC

Respetable Ing. Aguilar:

Atentamente me dirijo a usted para informarle que he revisado el trabajo de graduación titulado: **"ESTÁNDARES DE PRODUCCIÓN DE TUBO Y EMPAQUE EN LAS LÍNEAS DE EXTRUSIÓN DE PVC DE LA EMPRESA AMA S.A., SAN ESTEBAN, CHIQUIMULA."**, elaborado por la estudiante **Lesly Melissa Colindres Sánchez**, quien contó con mi asesoría.

Considero que el trabajo desarrollado por la estudiante Lesly Melissa Colindres Sánchez, satisface los requisitos exigidos, por lo cual recomiendo su aprobación.

Agradezco a usted la atención a la presente, atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Milton Alas Loaiza
Coordinador del Ejercicio Profesional Supervisado (E.P.S)
Carrera de Ingeniería Industrial

C.c. archivo



ALTG.6.19
Chiquimula, 23 de julio de 2019.

Ing. Carlos Enrique Aguilar Rosales
Coordinador Carreras de Ingenierías
CUNORI-USAC

Estimado Ing. Aguilar Rosales:

El propósito de la presente, es para informarle que he procedido a revisar la parte lingüística, del trabajo de investigación titulado **“ESTÁNDARES DE PRODUCCIÓN DE TUBO Y EMPAQUE EN LAS LÍNEAS DE EXTRUSIÓN DE PVC DE LA EMPRESA AMA S.A., SAN ESTEBAN, CHIQUIMULA.”**; elaborado por la estudiante **Lesly Melissa Colindres Sánchez**.

El informe cumple con los requisitos exigidos, por la carrera de Ingeniería Industrial, por lo tanto, recomiendo su aprobación para seguir con los trámites correspondientes.

Agradeciendo su atención a la presente,

Deferentemente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS



Lic. Julio César Hernández Ortiz
Revisor Área Lingüística

C.c. archivo



ACCII.04-2019

Chiquimula, 1 de agosto de 2019.

Ing. Agr. Edwin Filiberto Coy Cordón
Director
Centro Universitario de Oriente
CUNORI - USAC

Respetable Ing. Agr. Coy Cordón:

El coordinador de las Carreras de Ingeniería del Centro Universitario de Oriente CUNORI, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, después de conocer el dictamen del asesor-revisor y del Coordinador del Ejercicio Profesional Supervisado de la Carrera de Ingeniería Industrial, el Ing. Milton Adalberto Alas Loaiza, y luego de la revisión y aprobación del Lic. Julio César Hernández Ortiz, revisor del área de Lingüística, al trabajo de graduación de la estudiante Lesly Melissa Colindres Sánchez, titulado: **"ESTÁNDARES DE PRODUCCIÓN DE TUBO Y EMPAQUE EN LAS LÍNEAS DE EXTRUSIÓN DE PVC DE LA EMPRESA AMA S.A., SAN ESTEBAN, CHIQUIMULA."**, da por este medio su aprobación a dicho trabajo de graduación y recomendando la autorización del mismo.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"



Ing. Carlos Enrique Aguilar Rosales
Coordinador Carreras de Ingeniería
CUNORI - USAC

C.c. archivo

EL INFRASCRITO DIRECTOR DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE ORIENTE DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA, POR ESTE MEDIO HACE CONSTAR QUE: Conoció el Trabajo de Graduación que efectuó la estudiante **LESLY MELISSA COLINDRES SÁNCHEZ** titulado “**ESTÁNDARES DE PRODUCCIÓN DE TUBO Y EMPAQUE EN LAS LÍNEAS DE EXTRUSIÓN DE PVC DE LA EMPRESA AMA S.A., SAN ESTEBAN, CHIQUIMULA**”, trabajo que cuenta con el aval del Revisor y Coordinador de Trabajos de Graduación, de la carrera de Ingeniería Industrial. Por tanto, la Dirección del CUNORI con base a las facultades que le otorga las Normas y Reglamentos de Legislación Universitaria **AUTORIZA** que el documento sea publicado como Trabajo de **Graduación** a Nivel de Licenciatura, previo a obtener el título de **INGENIERA INDUSTRIAL**.

Se extiende la presente en la ciudad de Chiquimula, el diecisiete de septiembre de dos mil diecinueve.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Ing. Agr. Edwin Filiberto Coy Cordón
DIRECTOR
CUNORI - USAC

AGRADECIMIENTOS A:

DIOS

Por abrir y cerrar puertas que me permitieron llegar a este momento, por guiar mis pasos y bendecir cada día de mi vida.

MIS PADRES

María Elena Sánchez, Haydn Oliveros y Edvin Colindres, por sacrificar todo para que yo pudiera superarme y ser una persona de bien, por su esfuerzo, amor y apoyo incondicional.

MIS HERMANAS

Por demostrarme su amor y ser un apoyo importante en los momentos que más lo necesito.

MIS TÍAS

Lorena Sagastume y Sarita Colindres, por estar presentes cuando más las he necesitado, por su amor y apoyo en cada momento de mi vida.

MIS ABUELAS

Gloria Sánchez y Olga Colindres, por su amor y apoyo incondicional, por motivarme a seguir adelante, bendecir mi vida y darme siempre lo mejor.

MI FAMILIA

Por demostrarme su amor y brindarme su apoyo moral y económico en cada momento de mi vida.

MIS AMIGOS

Por todos los momentos que compartimos juntos, por motivarme a seguir adelante y ayudarme cuando más lo he necesitado.

MI NOVIO

Por demostrarme su amor y apoyo incondicional en cada momento.

ALEX HERNÁNDEZ

Por brindarme su apoyo y abrirme las puertas de su empresa para realizar este trabajo.

MIS PROFESORES

Por su conocimiento impartido, sus consejos y enseñanzas para hacer de mí una profesional.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	I
LISTA DE SÍMBOLOS	V
GLOSARIO	VII
RESUMEN	IX
INTRODUCCIÓN	XI
OBJETIVOS	XIII
1. MARCO TEÓRICO	1
1.1. Policloruro de Vinilo	1
1.1.1. Propiedades y tipos de PVC	2
1.2. Materias primas en el proceso de extrusión	3
1.2.1. Resina de PVC	3
1.2.2. Estabilizador	4
1.2.3. Lubricante	4
1.2.4. Absorbedores de rayos ultravioleta	5
1.3. Extrusora	5
1.3.1. Funciones de una extrusora	6
1.4. Proceso de Extrusión	7
1.4.1. Etapas del proceso de extrusión	8
1.5. Estandarización de procesos	9
1.5.1. ¿Por qué es importante estandarizar?	10
1.5.2. Estudio de Métodos: Tiempos y movimientos	11
1.5.3. Diagrama de operaciones de proceso	11

1.5.4.	Diagrama de Flujo de procesos	12
1.5.5.	Diagrama Bimanual	12
1.5.6.	Diagrama Hombre-Máquina	12
1.5.7.	Diagrama de Recorrido	13
1.6.	Metodología 5S	13
1.7.	Gráficos de Control	14
2.	GENERALIDADES DE LA EMPRESA DE EXTRUSIÓN	15
2.1.	Descripción General de la Empresa	15
2.1.1.	Historia	15
2.1.2.	Visión y Misión	16
2.2.	Organización	17
2.2.1.	Organigrama	17
2.3.	Descripción de puestos y funciones	18
2.3.1.	Funciones del gerente general	18
2.3.2.	Funciones del Administrador	18
2.3.3.	Funciones del Encargado de producción	19
2.3.4.	Funciones del Encargado de Reciclaje	19
2.3.5.	Funciones del Encargado de maquinaria	20
2.3.6.	Funciones del Operario	21
2.4.	Área de producción	21
2.5.	Área administrativa	22
2.6.	Condiciones generales de la planta	22
2.6.1.	Distribución	23
2.6.2.	Tipo de producción	25

2.6.3.	Productos elaborados	25
2.6.3.1.	Productos de la línea de tubería	26
2.6.3.2.	Productos de la línea de perfil y empaque	27
3.	PROCESO DE EXTRUSIÓN DE TUBO Y EMPAQUE	29
3.1.	Descripción de procesos	29
3.1.1.	Formulación y Extrusión	29
3.1.2.	Medición y pesaje de Muestras	32
3.1.3.	Elaboración de copla para tubería	32
3.1.4.	Montado de empaque	33
3.1.5.	Triturado y Pulverizado	33
3.2.	Análisis de procesos	35
3.2.1.	Diagramas de procesos de extrusión de tubo	35
3.2.2.	Diagramas de procesos de extrusión de empaque	38
3.2.3.	Diagramas de Recorrido	41
3.2.4.	Diagramas Hombre-Máquina	44
3.2.5.	Estudio de tiempos estándar de producción	48
3.2.6.	Formulación para tiempos estándar	53
3.2.7.	Indicadores de productividad	59
3.3.	Condiciones Actuales de la planta	62
3.3.1.	Distribución de maquinaria	63
3.4.	Herramientas de diagnóstico	66
3.4.1.	Diagrama de Pareto	66
3.4.2.	Diagrama Causas y Efectos	69

4.	ESTANDARIZACIÓN DE PROCESOS DE EXTRUSIÓN	71
4.1.	Mejoras del proceso de extrusión para tubería y empaque	71
4.1.1.	Lineamientos generales	71
4.1.2.	Diagramas de operación de procesos mejorados	75
4.1.3.	Incremento de mejora	78
4.1.4.	Diagramas de flujo de procesos mejorados	79
4.1.5.	Diagramas Hombre/Máquina propuestos	82
4.1.6.	Tiempos estándar de producción para propuesta	85
4.1.7.	Formulación para tiempos estándar propuestos	87
4.1.8.	Indicadores de productividad con Propuesta	95
4.2.	Proceso de formulación y mezcla	97
4.2.1.	Lineamientos generales de formulación y mezcla	98
4.2.2.	Orden y especificaciones de mezcla por producto	98
4.2.3.	Listado de Materias primas por producto	100
4.3.	Proceso de elaboración de coplas para tubería	101
4.4.	Triturado y Pulverizado, proceso de reciclado	104
4.5.	Propuesta de distribución en la planta	107
4.5.1.	Distribución de Maquinaria	108
4.5.2.	Diagramas de recorrido	110
4.6.	Generación de indicadores	112
4.6.1.	Indicadores de Capacidad	112
4.6.2.	Indicadores de productividad	113
5.	CONTROL DE CALIDAD Y 5S	115
5.1.	Sistema de gestión de calidad	115

5.1.1.	Lineamientos seis sigma	117
5.1.2.	Gráficos de control	118
5.1.3.	Fichas de control	126
5.2.	Implementación de fichas técnicas por producto	129
5.2.1.	Establecimiento de especificaciones y medidas estándar	132
5.3.	Técnicas 5S	134
5.3.1.	Capacitación al personal	136
5.3.2.	Cronograma	141
CONCLUSIONES		143
RECOMENDACIONES		145
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		147
APÉNDICE		149

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Resina de PVC	3
2.	Estabilizador	4
3.	Extrusora	6
4.	Proceso de Extrusión	7
5.	Visión de la Empresa	16
6.	Misión de la empresa	16
7.	Organigrama	17
8.	Planta baja	23
9.	Planta alta	24
10.	Diagrama de operación de procesos para extrusión de tubería	35
11.	Diagrama de flujo de proceso para extrusión de tubería	36
12.	Diagrama de operación de procesos para extrusión de empaque	38
13.	Diagrama de flujo de procesos para extrusión de empaque	39
14.	Diagrama de recorrido para tubería	41
15.	Diagrama de recorrido para empaque	42
16.	Diagrama hombre-máquina para extrusión de tubería	44
17.	Diagrama hombre-máquina para extrusión de empaque	46
18.	Cálculo para observaciones	49
19.	Producción promedio	50
20.	Tabla de Calificación por Westinghouse	55
21.	Calificaciones de desempeño para extrusión de tubo	56
22.	Calificaciones de desempeño para extrusión de empaque	56
23.	Fórmula para la productividad laboral	59
24.	Productividad real para extrusión de tubería y empaque	60
25.	Fórmula de productividad	60
26.	Índice de productividad para extrusión de tubería y empaque	60

27.	Planta baja	63
28.	Planta alta	64
29.	Diagrama Ishikawa	69
30.	Diagrama de operación de procesos propuesto para tubo	75
31.	Diagrama de operación de procesos propuesto para empaque	76
32.	Diagrama de flujo de procesos para tubo	79
33.	Diagrama de flujo de procesos propuesto para empaque	80
34.	Diagrama hombre-máquina propuesto para tubería	82
35.	Diagrama hombre-máquina propuesto para empaque	84
36.	Grados a calificar para desempeño	90
37.	Calificación de rendimiento para tubo	90
38.	Calificaciones de rendimiento para empaque	90
39.	Diagrama de flujo de procesos para formulación de tubo	97
40.	Control de formulación y mezcla	98
41.	Diagrama de operación de procesos propuesto para copla	101
42.	Diagrama de flujo de operaciones propuesto para copla	102
43.	Diagrama bimanual propuesto para copla	103
44.	Diagrama de operación de los procesos para triturado	104
45.	Diagrama de flujo de los procesos para triturado	105
46.	Diagrama hombre-máquina propuesto para empaque	106
47.	Distribución de maquinaria propuesta -Planta alta-	108
48.	Distribución de maquinaria propuesta -Planta baja-	109
49.	Diagrama de recorrido propuesto para tubería	110
50.	Diagrama de recorrido propuesto para empaque	111
51.	Lista de chequeo para formulador	137
52.	Lista de chequeo para encargado de empaque	138
53.	Lista de chequeo para operario de extrusora	138
54.	Lista de chequeo para encargado de copla	139
55.	Lista de chequeo para encargado de trituradora	139
56.	Lista de chequeo para operario de pulverizado	140

GRÁFICOS



1.	Diagrama de Pareto para los limitantes en la producción	68
3.	Gráfico de control para tubería	120
4.	Gráfico de control para tubería	121
5.	Gráfico de control para empaque	124
6.	Gráfico de control para empaque	125

TABLAS

1.	Productos de la línea de tubería PVC	25
2.	Productos de la línea de empaque para PVC	26
3.	Hallazgos de diagramas de procesos para tubería	37
4.	Hallazgos de diagramas de procesos para empaque	40
5.	Análisis de diagramas de recorrido para tubo y empaque	43
6.	Análisis del diagrama hombre-máquina para tubo	45
7.	Cálculo de observaciones	48
8.	Tiempos cronometrados para la extrusión de tubo	51
9.	Tiempos cronometrados para la extrusión de empaque	52
10.	Tolerancias del trabajo	54
11.	Tiempos estándar para la extrusión de tubo	57
12.	Tiempo estándar para la extrusión de empaque	58
13.	Datos de producción actual	59
14.	Diagnóstico de la distribución en planta	65
15.	Limitantes en la producción	66
16.	Frecuencia y porcentaje acumulado	67
17.	Hallazgos de diagrama Ishikawa	70
18.	Mejoras en diagramas de procesos	77

19.	Mejoras en diagramas de flujo de procesos	81
20.	Unidades producidas para propuesta	86
21.	Tolerancias del trabajo	88
22.	Tiempos promedio para extrusión de tubería	91
23.	Tiempos promedio para extrusión de empaque	92
24.	Tiempo estándar propuesto para extrusión de tubo	93
25.	Tiempos estándar propuestos para extrusión de empaque	94
26.	Productividad basada en propuestas	95
27.	Comparación de propuesta basada en productividad	96
28.	Especificaciones de Mezcla para tubo	99
29.	Especificaciones de mezcla para empaque	99
30.	Materias primas para tubo	100
31.	Materias primas para empaque	100
32.	Porcentaje de variación con base en propuesta	113
33.	Lineamientos basados en la metodología 6 σ	117
34.	Muestreo de peso en ducto pluvial 3"	118
35.	Medias y rangos para gráfico de control de tubería	119
36.	Muestreo de peso en empaque batiente	122
37.	Medias y rangos para gráficos de control	123
38.	Ficha de control para producción de empaque	126
39.	Ficha de control de producción para tubo	127
40.	Programación de producción para empaque	128
41.	Ficha de programación de producción para tubo	128
42.	Ficha técnica para tubo	129
43.	Ficha técnica para empaque	131
44.	Muestreo de especificaciones para maquinaria	132
45.	Muestreo de especificaciones para maquinaria	133
46.	Especificaciones de Materia prima para tubo	133
47.	Diagrama de implementación de etapas de 5'S	135
48.	Cronograma de capacitación mensual	141

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
°C	Grados centígrados
IP	Índice de productividad
Kg	Kilogramo
Lb	Libra
Psi	Libra por pulgada cuadrada
MP	Materia prima
M ²	Metro cuadrado
	Operación
PVC	Policloruro de Vinilo
PL	Productividad laboral
TE	Tiempo efectivo
TS	Tiempo estándar
TN	Tiempo normal
TP	Tiempo promedio
Tol	Tolerancia
	Transporte

GLOSARIO

Aditivos	Tipo de sustancias añadidas con la intención de agilizar el desarrollo de los polímeros, teniendo como resultado propiedades físicas adaptadas a su aplicación.
Indicador	Medida cuantitativa utilizada como guía para comparar, valorar o controlar la calidad en los aspectos de interés.
PVC	Plástico que surge de la polimerización del cloruro de vinilo y permite la producción de objetos flexibles.
Resina	Sustancia orgánica de consistencia sólida, obtenido por la reacción química entre dos o más sustancias.
% Tolerancia por ciclo	Corresponde al valor o porcentaje del tiempo agregado Al tiempo normal, a manera de compensar al operario por la fatiga causada en el trabajo.

RESUMEN

Es una empresa dedicada a la fabricación y comercialización de productos a base de PVC, tales como tubería y empaque, dicha empresa surge con la idea de poder ser la primera extrusora en el oriente del país y brindar a la población productos de calidad a precios accesibles. Sin embargo, debido a la falta de conocimiento en la optimización de recursos y desarrollo eficiente de procesos, el rendimiento de la producción ha decrecido con el tiempo.

En el desarrollo de este proyecto se analiza y evalúa el desempeño operativo dentro de la producción, afirmando el bajo rendimiento de los procesos, variaciones constantes en formulación y peso de productos terminados, técnicas de operación inadecuadas y la ausencia de indicadores que permitan la evaluación de las metas alcanzadas, cada uno de estos aspectos negativos han frenado la evolución de la producción dentro de la empresa, por lo tanto se hace énfasis en la necesidad de contar con estrategias basadas en metodologías 5S, enfocadas al control de calidad y a la creación de una filosofía de mejora continua, todo esto como medio para alcanzar los objetivos y así tener éxito en el mercado.

En relación a los métodos empleados en los procesos de extrusión, calibrado de maquinaria y preparación de formulación, se crearon lineamientos que permitan al colaborador operar adecuadamente contando con una fuente de apoyo que le ayude a tener un mejor desempeño en sus labores diarias, así también se elaboraron fichas de control y diagramas de procesos para que se tenga una guía específica de cada operación.

Basándose en técnicas de mejora como la filosofía de 5S se diseñaron propuestas de distribución en las cuales se enfatiza la selección y clasificación de todo el material útil dentro de la planta de producción, estableciendo ubicaciones que permitan la optimización de los recursos tiempo y espacio, así también fueron señalados los recorridos adecuados a cada proceso desde bodega hasta llegar a almacén de producto terminado.

Con la determinación de especificaciones y la asignación de fichas de control tanto para los colaboradores como para el proceso de producción, se tiene un mejor control de la fabricación de los productos, pues cada uno contará con una especificación individual que minimiza confusiones o errores en la elaboración.

INTRODUCCIÓN

Muchas empresas que desean adentrarse fuertemente en procesos de transformación, deben acudir a estrategias que le permitan sobresalir en el medio, en estos casos la calidad y competitividad son factores determinantes para el logro del éxito empresarial, por ello la implementación de metodologías y estrategias enfocadas al mejoramiento de procesos productivos es imprescindible en estos casos. Principalmente, porque en el sector industrial la eficacia y eficiencia que las organizaciones demuestren dependen del rendimiento confiable y consistente de sus actividades operacionales, sin tolerar tiempos perdidos, ni costos por falla alguna.

La empresa forma parte del 3% del sector de construcción al contribuir con la fabricación de tubería a base de PVC, y empaque de vinilo para ventanas, ámbito de diversos beneficios económicos, sin embargo, dicho sector conlleva a mayores responsabilidades, parámetros y estándares de calidad, provocando la generación de nuevas estrategias que brinden mejores resultados para el consumidor final.

Para generar una verdadera competitividad, la empresa requiere de procesos que permitan garantizar la calidad y valores agregados en cada producto para satisfacción del cliente, por lo que se busca aplicar un estudio en los procesos productivos de tubo y empaque a base de PVC en la empresa, dando prioridad a los productos que presentan mayor demanda.

La determinación de estándares para los procesos de transformación, busca proporcionar información que facilite al personal la realización eficiente de sus operaciones, iniciando de esta forma con el estudio de tiempos y movimientos, así como el desarrollo de técnicas propias de la ingeniería de métodos, esto para determinar el comportamiento de la producción.

Así también la documentación de actividades y procedimientos establecidos con base a la reducción de incompetencias en los procesos de fabricación, mejorando así los niveles de productividad y permitiendo futuras evaluaciones que den paso a una filosofía de mejora continua.

OBJETIVOS

General

Desarrollar los estándares de producción de tubo y empaque en las líneas de extrusión de PVC de la empresa AMA S.A, para que el nivel de producción sea satisfactorio.

Específicos

1. Calcular los índices de productividad actual de los procesos de extrusión de tubo y empaque.
2. Aplicar un estudio de métodos y tiempos en la producción de tubo y empaque, identificando así alternativas de mejora.
3. Estimar la mejora porcentual en la tasa de producción de tubo y empaque.
4. Diseñar gráficos de control estadístico que permitan observar el comportamiento de la calidad en los procesos de extrusión.

1. MARCO TEORICO

1.1. Policloruro de Vinilo

Representa a uno de los polímeros más conocidos y utilizados por el hombre, su versatilidad con aditivos le permite ser parte importante en proyectos de desarrollo integral para la sociedad. Por lo que (Tapia, 2005), describe:

La resina de PVC es una combinación química de carbono, hidrógeno y cloro; plástico comúnmente llamado PVC. Sus materias primas provienen del petróleo en un 43% y de la sal común en un 57%. Al ser un material termoplástico, puede moldearse fácilmente, debido a que bajo la acción del calor se reblandece y al enfriarse recupera la consistencia inicial, conservando la nueva forma. Se presenta como un polvo blanco, inodoro, insípido, fisiológicamente inofensivo, tienen un contenido teórico de 57% de cloro, difícilmente inflamable. Su naturaleza es de carácter amorfo, aunque hay algunos grados con cristalinidad baja, sus propiedades dependen de su peso molecular (p. 10).

Ya que el PVC y sus formulaciones químicas son delicadas de trabajar, es necesario conocer adecuadamente las propiedades de dicho material, a manera de obtener un producto final de calidad, por lo tanto:

PVC se designa a toda una familia de resinas sintéticas, resinas que físicamente tienen el aspecto de un polvillo blanco y muy fino. No obstante, lo que se conoce como PVC en un artículo terminado no es el polímero puro.

Estas resinas deben mezclarse con diversos aditivos para convertirse en lo que se denomina compuesto de PVC, material que, de esta forma, incorpora todas las propiedades requeridas para poder ser transformado en productos útiles. La resina de PVC es la más versátil de la familia de los plásticos; ya que a partir de ella se pueden obtener productos rígidos y flexibles (Colomo, 2009, p 12).

Se utiliza en aplicaciones muy variadas, la mayoría de ellas con una larga vida, debido a que “es un material durable, económico, procesable por todas las técnicas para plásticos y reciclable, con una gama de propiedades y ventajas que lo han mantenido como el material líder en diversas industrias” (Fajardo, 2007, p.1).

1.1.1. Propiedades y tipos de PVC

En la actualidad la Industria del ha sido analizada detalladamente, en temas de salud y seguridad ambiental, sin embargo, Tapia (2005), indica:

PVC es un polímero producido a partir de dos materias primas naturales, la sal común o cloruro de sodio (NaCl) con el 57% y gas o petróleo con el 43%. Por lo tanto, es menos dependiente del petróleo como recurso no renovable, que otros polímeros (p. 13).

Según sus características y propiedades se clasifica por:

- Método de producción: suspensión, dispersión, solución y masa.
- Peso molecular: alto, medio y bajo.
- Formulación: rígido y flexible.

1.2. Materias primas en el proceso de extrusión

Para el proceso de extrusión es necesario contar con una mezcla homogénea estable, por lo que se debe analizar la composición química de los elementos que activarán las mejores propiedades de policloruro. Tal como Fajardo (2007), lo da a entender:

Debido a lo que comúnmente se conoce como PVC no es un polímero puro, al momento del proceso de extrusión de tubería, requiere de la participación de diferentes materiales o aditivos que al mezclarse den como resultado compuesto de PVC listo para la formación del producto terminado (p. 1).

1.2.1. Resina de PVC

Es considerada como un material básico para la elaboración de plásticos, al pertenecer a la familia de los polímeros se determina que “es un material orgánico sólido o semisólido, de masa molecular elevada, que se caracteriza porque muestra tendencia a fluir cuando se ve sometido a un esfuerzo, porque usualmente posee un intervalo de fusión o ablandamiento” (Fajardo, 2007, p. 24).

Figura 1. Resina de PVC



Fuente: [https:// www.solostocks.com.mx/](https://www.solostocks.com.mx/)

1.2.2. Estabilizador

Es de los únicos elementos aditivos indispensables en la formulación de los compuestos PVC, siendo:

El ingrediente con el cual el PVC reacciona durante la fabricación del compuesto y su procesado; que seguirá en cierta forma reaccionando durante la vida útil del producto, retardando la degradación que el calor y la luz producen en el producto (Fajardo, 2007, p.25).

Figura 2. Estabilizador



Fuente: <https://korean.alibaba.com/>

1.2.3. Lubricante

Es uno de los elementos que está altamente relacionado con la estabilización del material, debido a que “los lubricantes internos contribuyen a bajar las viscosidades de la fusión y reducen la fricción entre las moléculas. Los lubricantes externos funcionan esencialmente emigrando hacia la superficie, donde reducen la fricción del plástico fundido” (Fajardo, 2007, p. 25).

1.2.4. Absorbedores de rayos ultravioleta

Las variedades de plástico constantemente sufren degradación por los efectos de los rayos uv, siendo uno de los factores importantes para la eficiencia de los productos terminados, se debe analizar que:

La luz en la región de los rayos ultravioleta tiene una fracción donde hay suficiente energía de activación como para romper las ligaduras del PVC. Por ello se emplea en algunas formulaciones de PVC agentes absorbedores de rayos ultravioleta, a fin de retardar el amarillamiento, ya que evitarlo permanentemente no es posible (Fajardo, 2007, p. 26).

1.3. Extrusora

Es un equipo de transformación, responsable del transportar, compactar, fusionar, mezclar, homogeneizar y plastificar la mezcla de resinas plásticas y aditivos esenciales. El tipo de extrusora dependerá de la necesidad del producto a elaborar ver figura 3. Por lo que Ramírez (2009), explica:

Las extrusoras se pueden dividir en dos tipos: extrusora de tornillo simple o monohusillo (actualmente en desuso para la producción de tubería PVC) y la extrusora de doble tornillo o de tornillos gemelos, la cual presenta una mejora en la mezcla y en el transporte del polímero (p. 26).

Figura 3. Extrusora



Fuente: <https://procoen.com/>

1.3.1. Funciones de una extrusora

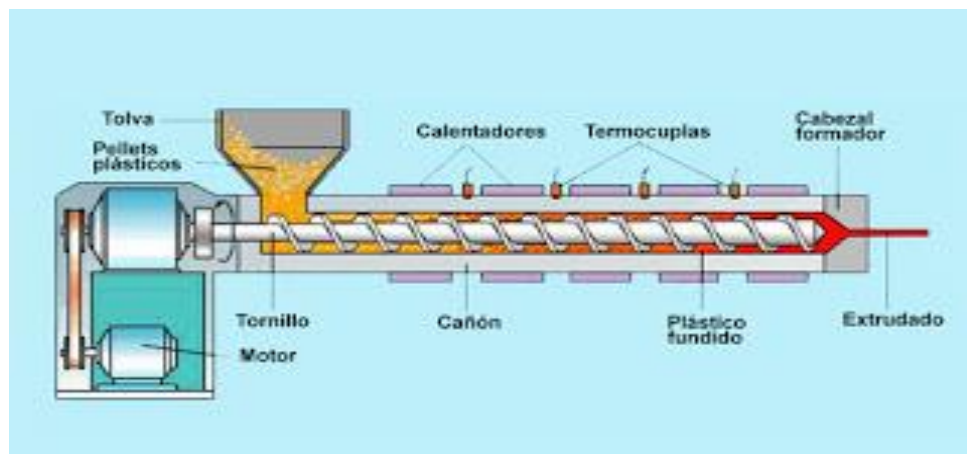
- Alimentar y transportar el material en estado sólido: gránulos o polvo.
- Compactar el material sólido.
- Fundir el material sólido.
- Generar el nivel de presión necesario para vencer la restricción del cabezal.
- Lograr una homogeneidad física y termina del material fundido.
- Extracción de humedad, volátiles o gases del material fundido.
- Producir un extruido de forma continua, sin variación dimensional y cumpliendo con todas las especificaciones de calidad (Ramírez, 2009, p. 26).

1.4. Proceso de Extrusión

Proceso industrial mecánico, encargado de transformar materias primas pertenecientes a la familia de polímeros y plastificantes para la producción de material pvc flexible y rígido, Ramírez (2009), señala a dicho proceso como:

Técnica de procesamiento bajo la cual, la resina de PVC, generalmente en estado sólido (polvo, granos), es alimentada a través de una tolva y posteriormente transportada a lo largo de un tornillo donde lentamente resulta compactada, fundida, mezclada y homogeneizada para finalmente ser dosificada a través de una boquilla conformadora responsable de proporcionar, de manera continua, el perfil y/o la forma deseada del producto final (p. 28).

Figura 4. Proceso de Extrusión



Fuente: <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/>

1.4.1. Etapas del proceso de extrusión

Alimentación

Representa la parte inicial del proceso de transformación, en la cual deben ser incorporadas las resinas y demás aditivos para la extrusión de tubería, tomando las debidas precauciones durante el procedimiento:

En la Mezcladora se agregan el PVC, estabilizadores, productos lubricantes, modificadores para aumentar la dureza y pigmentos, dosificando los componentes y obteniendo una homogeneización completa. Una vez se ha realizado esto, los componentes son llevados desde la mezcladora hasta las extrusoras. Todo el proceso está automatizado, y se visualiza y controla mediante programas informáticos (Ramírez, 2009, p. 28).

Extrusión

Cuando la mezcla se encuentra a la temperatura de 40°C, es introducida por la tolva de alimentación y recogida por la extrusora, donde la transformación cobra efecto. Son conectados todos los elementos al husillo en el cual el material va tomando consistencia viscosa, según Ramírez (2009) “el material avanza mediante dos husillos (extrusoras de doble eje helicoidal) por el cilindro de la máquina, donde se calienta, plastifica, desgasificada y es comprimido bajo altas presiones en la hilera o boquilla” (p.28).

Calibrado y Enfriamiento

De este proceso depende la adecuada funcionalidad del producto final, en donde son fijadas sus medidas y propiedades físicas establecidas por normativos, estableciendo que:

A la salida de la hilera, el material extruido, aún caliente y plástico, es estirado a través de un calibrador de vacío y es refrigerada por agua. En este proceso, la masa de PVC se solidifica a lo largo del calibrador. En él se confieren al tubo su forma y medidas definitivas (Ramírez, 2009, p. 29).

Cortado

Se calibra la longitud de la tubería para introducirlo al área de corte, en donde: “Un doble tren de tracción oruga, cuya velocidad puede ser ajustada con precisión, asegura el paso regular del tubo por el calibrador, así como por el conjunto de la instalación. Las barras salen de forma continua de la instalación”. Al final del tren oruga se corta el tubo extruido mediante sierras circulares a la medida deseada (Ramírez, 2009, p. 29).

1.5. Estandarización de procesos

La estandarización es la herramienta que permite definir un criterio óptimo y único en la ejecución de una determinada tarea u operación. Tiene su fundamento en la excelencia operacional, ya que, sin el trabajo estandarizado, no se puede garantizar que las operaciones necesarias para la obtención de los productos, se realicen siempre de la misma forma. Esto a su vez permite la eliminación de la variabilidad de los procesos (López, 2011, p. 61).

1.5.1. ¿Por qué es importante estandarizar?

Permite establecer métodos o actividades basadas en un parámetro, que, a su vez, regula el comportamiento de un proceso productivo para el logro de sus objetivos. López (2011), explica que:

Un estándar es un conjunto de normas y recomendaciones, las cuales deberán estar documentadas, con el objetivo de ser difundidos y captados de igual manera por las entidades o personas que los vayan a utilizar a manera de asegurar que los procesos cumplan de la mejor manera su propósito (p.61).

La aplicación de una estandarización en los procesos de producción permite unificar los procedimientos de las organizaciones que utilizan diferentes prácticas para el mismo proceso, con la finalidad de:

- Satisfacer las necesidades de los clientes
- Ahorrar tiempo, dinero y duplicación de esfuerzos
- Facilitar la identificación de soluciones a problemas repetitivos
- Mejorar el rendimiento de la producción (Bravo, 2008, p. 43).

1.5.2. Estudio de Métodos: Tiempos y movimientos

El estudio de métodos es una herramienta utilizada en la medición del trabajo, empleada para identificar y solucionar problemas de producción, así como en la reducción de costos y demás recursos, García (2011), expone el significado de un estudio de tiempos y movimientos, siendo:

Un análisis que permite determinar en qué medida son ajustadas las alternativas y especificaciones originales a la conjugación adecuada de recursos económicos, materiales y humanos, con el fin de obtener incrementos en la productividad, con base a que en todo proceso siempre existen posibilidades de solución y mejora (p.34).

Señala también que “los estudios de movimientos aplican los principios de la economía de movimientos para diseñar estaciones de trabajo cómodas para el cuerpo humano y eficiente en su operación” (García, 2011, p. 34).

1.5.3. Diagrama de operaciones de proceso

Muestra gráficamente la secuencia cronológica de todas las operaciones, inspecciones y holguras que se desarrollan en un proceso de manufactura, “inicia en la llegada de la materia prima hasta el empaque del producto terminado, todo esto mediante la utilización de símbolos que representan a simple vista detalles importantes de la manufactura” (Niebel y Freivalds, 2004, p.30).

1.5.4. Diagrama de Flujo de procesos

“Es la representación gráfica de un medio para lograr la eliminación o reducción de costos ocultos de un componente, ya que da a conocer con claridad el desarrollo de las operaciones, transportes, demoras y almacenamientos” dicha información es útil para la reducción de recursos innecesarios (Niebel y Freivalds, 2004, p. 34).

Según Niebel y Freivalds (2004) “el propósito principal de los diagramas de flujo es, proporcionar una imagen clara de toda secuencia de acontecimientos del proceso y mejorar la distribución de los locales y manejo de los materiales” (p.34).

1.5.5. Diagrama Bimanual

Muestra gráficamente todos los movimientos realizados tanto por la mano izquierda como por la mano derecha, así también demuestra la relación que existe entre ellas. “Su función principal es estudiar operaciones repetitivas, que dado el caso solo se registra un ciclo completo de trabajo” (García, 2011, p. 79).

1.5.6. Diagrama Hombre-Máquina

Representa gráficamente la secuencia de elementos que componen las operaciones en que intervienen hombres y máquinas, dando a conocer el tiempo invertido por el hombre y utilizado por las máquinas (García, 2011, p.69).

“El Diagrama Hombre-Máquina es empleado para analizar y mejorar las estaciones de trabajo de manera individual”, por ello estas características pueden ayudar a lograr una utilización más completa tanto del trabajador como de la máquina y un mejor balance del ciclo de trabajo (Niebel y Freivalds, 2004, p.40).

1.5.7. Diagrama de Recorrido

El diagrama de recorrido es necesario cuando se realiza un número muy grande de transportes, almacenamientos y demoras, esto con el fin de reducir dichas actividades. Se hace uso de líneas para ejemplificar los movimientos que el operario realiza al pasar de estación en estación, así también:

Es utilizado para complementar el análisis del proceso, es elaborado con base a un plano a escala de la planta, en él se indican gráficamente la ubicación de las máquinas y demás instalaciones fijas, sobre dicho plano debe se describe la circulación del proceso, utilizando siempre la simbología del diagrama de procesos (García, 2011, p.57).

1.6. Metodología 5S

Es una herramienta que no requiere mayor inversión, al contrario, busca reducir recursos, esto por medio de brindarle al trabajador la responsabilidad y oportunidad de realizar mejoras graduales en su puesto de trabajo, buscando así potencializar el aprendizaje de los colaboradores, a manera de identificar sus fortalezas y diseñar propuestas de mejora dentro de la empresa.

Es una metodología la cual permite organizar el trabajo a manera de minimizar desperdicios, asegurándose de que las áreas de trabajo se mantengan sistemáticamente limpias y organizadas, mejorando la productividad, la seguridad y proveyendo bases sólidas para la implementación de procesos eficientes (Aldavert et al., 2016, p. 8).

1.7. Gráficos de Control

Son utilizados para analizar y controlar el desarrollo de los procesos productivos, a manera de identificar posibles factores de inestabilidad y anomalías que perjudican al desempeño del proceso. García (2011), los define como:

Representaciones gráficas de los resultados acumulados, obtenidos mediante un proceso de muestreo diario, Son marcados por dos líneas paralelas el porcentaje medio y los límites de control superior e inferior. Estos gráficos son utilizados para analizar el comportamiento de los diferentes procesos (p. 260).

2. GENERALIDADES DE LA EMPRESA DE EXTRUSIÓN

2.1. Descripción General de la Empresa

Es una empresa dedicada a la producción y comercialización de productos derivados del PVC, tales como tubería, perfil y empaque. Fue creada en el año 2015 con el propósito de ser la primera extrusora de perfil, creando una ventaja competitiva al ser sus propios proveedores de materia prima en el negocio de fabricación de puertas y ventanas.

2.1.1. Historia

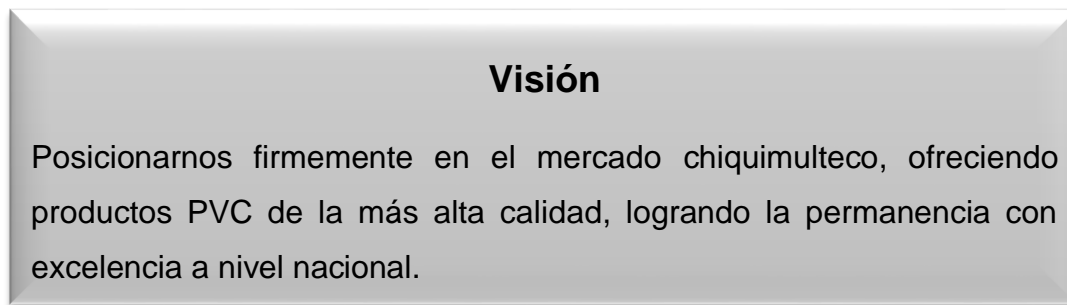
En los primeros 2 años la empresa experimentó ciertas dificultades en su crecimiento, debido a que el costo de producción de perfil era muy elevado y la maquinaria enviada desde China, representaba un reto al tener que modificarla para las condiciones de nuestro país. Analizando opciones se tomó la decisión de implementar líneas de empaque a base de PVC, las cuales tuvieron mayor auge en los años 2016 y 2017, más adelante se planteó la idea de entrar al mercado de la tubería PVC, esto para generar un incremento en los ingresos de la empresa, ya que su costo era menor y el precio de venta era favorable en un mercado tan amplio.

La tubería representaba la salida a todos sus problemas, sin embargo era importante contar con personal capacitado, por lo que su propietario se vio en la necesidad de ir en busca de personas con experiencia que le asesoraran en el tema de extrusión, durante 6 meses viajó a China para capacitarse completamente en el manejo de la maquinaria y sus procesos, así también se vio en la necesidad de traer colaboradores extranjeros que dieran a conocer las técnicas manuales para el manejo de dicho proceso a todo el personal en la planta.

Con el tiempo los colaboradores fueron tomando experiencia en el manejo de la maquinaria, por lo cual ya no era necesario invertir en nuevos técnicos, las formulaciones para la tubería dieron resultados satisfactorios, y los clientes estaban listos para realizar sus pedidos. Actualmente cuenta con 16 empleados, y dos líneas de producción las cuales elaboran 11 diferentes medidas en tubería y 6 presentaciones de empaque para PVC, brindando siempre los mejores precios de la región.

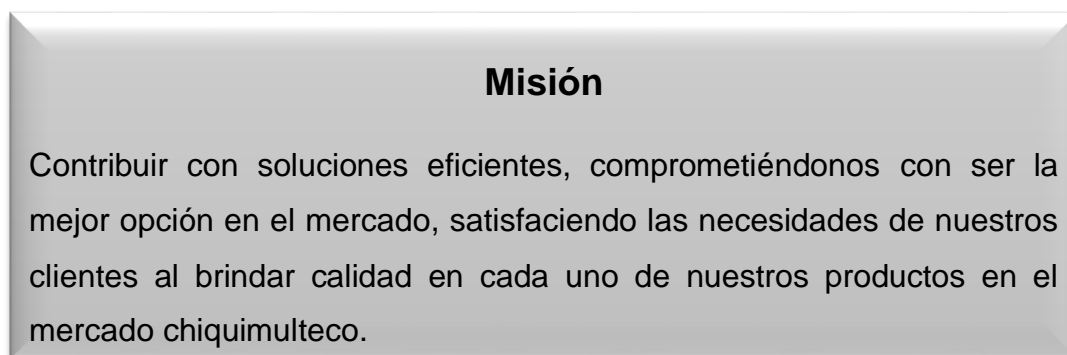
2.1.2. Visión y Misión

Figura 5. Visión de la Empresa



Fuente: elaboración propia.

Figura 6. Misión de la empresa



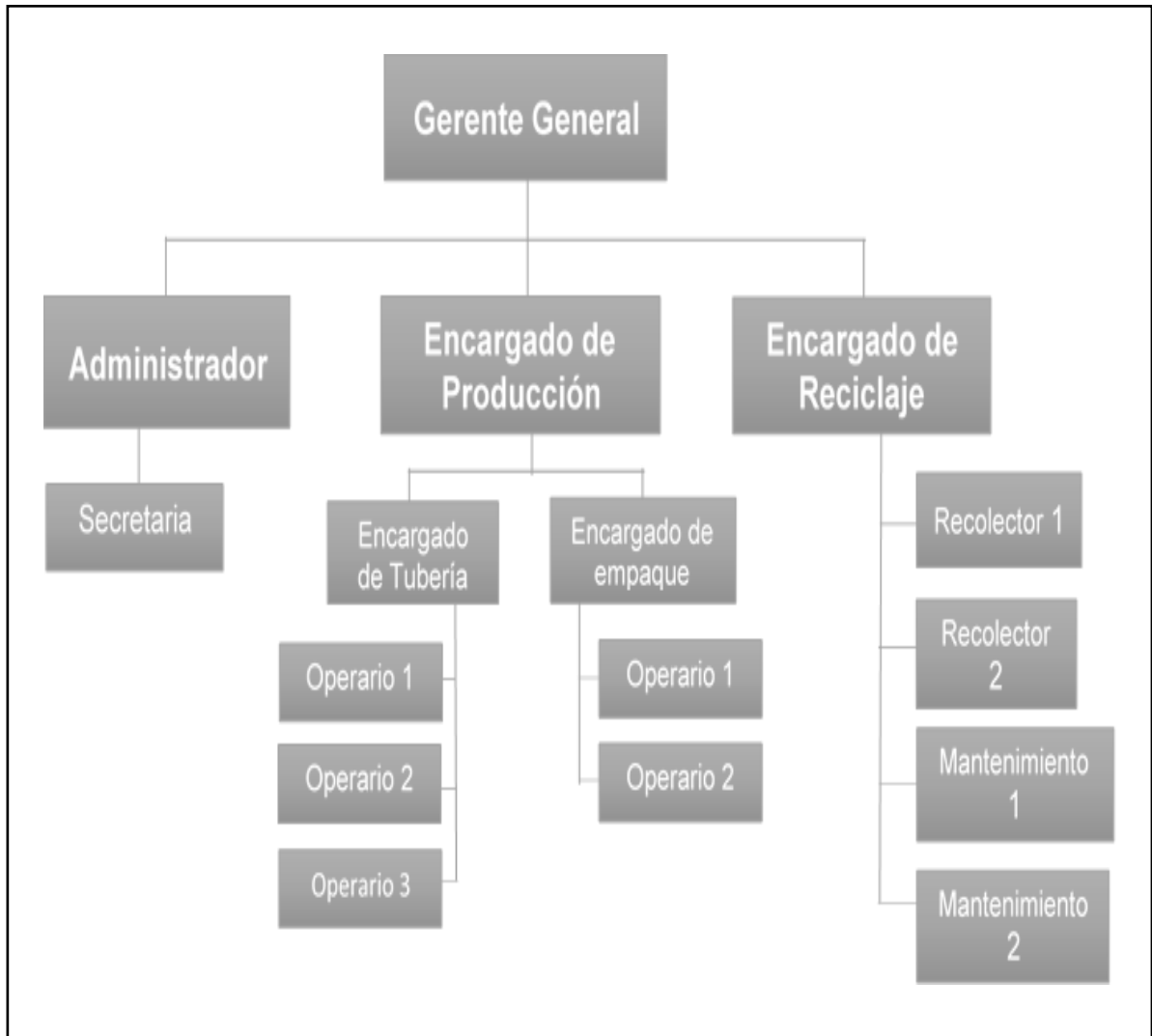
Fuente: elaboración propia.

2.2. Organización

La empresa maneja su sistema organizacional de forma jerárquica o estructuralmente vertical, ya que sus colaboradores se comunican principalmente con su superior inmediato, como se muestra en la figura No. 7.

2.2.1. Organigrama

Figura 7. Organigrama



Fuente: elaboración propia.

2.3. Descripción de puestos y funciones

Para analizar el rendimiento del personal dentro de la empresa, se describen las funciones y responsabilidades que cada puesto de trabajo debe cumplir.

2.3.1. Funciones del gerente general

Es el responsable de administrar y dirigir a la empresa en su totalidad, así como de tomar decisiones estratégicas para el crecimiento de la misma.

Responsabilidades:

- Determinar los precios de ventas.
- Negociar con nuevos proveedores.
- Determinar la conveniencia de inversiones.
- Proponer nuevas estrategias para el crecimiento de la empresa.
- Supervisar la contabilidad general de la empresa.

2.3.2. Funciones del Administrador

Es el responsable ante el gerente general de coordinar y controlar todas las actividades administrativas de la empresa mediante la planeación, dirección y control.

Responsabilidades:

- Supervisar constantemente que el encargado de producción cuente con la información de los pedidos realizados.
- Supervisar que el área de producción tenga todos los materiales necesarios para la producción y abastecer de los mismos.
- Informar al Gerente General la situación y funcionamiento general de la empresa.

- Supervisar la constante comunicación entre el área administrativa y de producción.
- Proponer al Gerente General nuevas estrategias para el crecimiento de la empresa.

2.3.3. Funciones del Encargado de producción

Es el encargado de coordinar la producción y la programación del trabajo en el área de producción para surtir los pedidos, así como el traslado de dichos pedidos a los clientes que incluye la negociación y el monitoreo de los camiones.

Responsabilidades:

- Recibir las órdenes de pedido y llevar control de las mismas.
- Supervisar la calidad de la tubería y empaque a entregar.
- Supervisar que los encargados de maquinaria realicen el mantenimiento adecuado.
- Hacer la programación de los viajes para cumplir adecuadamente con los pedidos.
- Solicitar al Administrador lo necesario en materia prima para llevar a cabo la producción.

2.3.4. Funciones del Encargado de Reciclaje

Es la persona encargada de llevar el control del proceso de selección y recolección de material reciclado de PVC, bajo su control está la inspección del material, la limpieza de las estaciones y cada etapa por la que debe pasar dicho material, como el triturado y pulverizado.

Responsabilidades:

- Inspeccionar el estado del material de PVC a reciclar que ingresa a la fábrica.
- Supervisar que todo el material esté debidamente pesado antes y después de pulverizar.
- Llevar el control de Material reciclado a manera de pronosticar el tiempo de reabastecimiento.
- Supervisar las áreas de limpieza y separación de material, así como de revisar que el material esté libre de calcomanía.
- Procurar que el material esté en su área específica, evitando el desorden e inconvenientes en el recorrido por la fábrica.

2.3.5. Funciones del Encargado de maquinaria

Es el responsable de la operación y mantenimiento de las extrusoras, así como de prevenir y reportar constantemente cada incidente.

Responsabilidades:

- Encargarse del ensamble y calentamiento adecuado de las máquinas.
- Inspeccionar que cada resistencia funcione correctamente.
- Verificar que las temperaturas sean las correctas de acuerdo a las especificaciones dadas.
- Encargarse de la limpieza diaria de las máquinas, es importante para que la resina no dañe los motores.
- Supervisar constantemente el funcionamiento de la maquinaria durante la etapa de calentamiento y producción.

2.3.6. Funciones del Operario

Comunicar al equipo de trabajo y superiores las condiciones del proceso de producción y posibles anomalías encontradas.

Responsabilidades:

- Preparar todas las herramientas y materiales necesarias para empezar labores de producción.
- Colaborar en la estabilización del material en las líneas de tubería y empaque.
- Llevar el control de la producción diaria.
- Preparar las órdenes de pedido para su respectiva entrega.
- Mantener limpia y ordenada su área de trabajo.

2.4. Área de producción

El área de producción cuenta con 10 colaboradores, los cuales se dividen equitativamente en dos grupos, ambos laboran en turnos de 12 horas de lunes a viernes, en los horarios de 6:00 a 18:00 horas. Los turnos de noche son rotados cada semana para evitar el desgaste en los trabajadores. Los encargados de maquinaria son también encargados de turno, esa persona es la encargada de informar al encargado de producción todo lo realizado durante sus turnos, así como brindar reportes del rendimiento de los operarios, cada operario tiene asignada una tarea específica, como; la formulación, extrusión, triturado y pulverizado, acoplamiento y extrusión de empaque.

Cada una de las tareas es fundamental en el área de producción. Dentro de la planta es necesario el uso obligatorio de equipo de seguridad, debido a que el trabajo que se realiza es bajo condiciones físicamente exigentes.

2.5. Área administrativa

Las decisiones administrativas de la empresa, están a cargo de una comisión conformada por: encargado de producción, asistente administrativa y gerente general, ellos se encargan de coordinar semanalmente las estrategias de venta y planificaciones de producción, así como las metas y presupuestos a seguir para la obtención de utilidades. La asistente comunica al grupo el estado financiero de la empresa, las necesidades presentadas por los clientes y los resultados de los objetivos planteados, de esta manera se determinan las acciones oportunas a realizar.

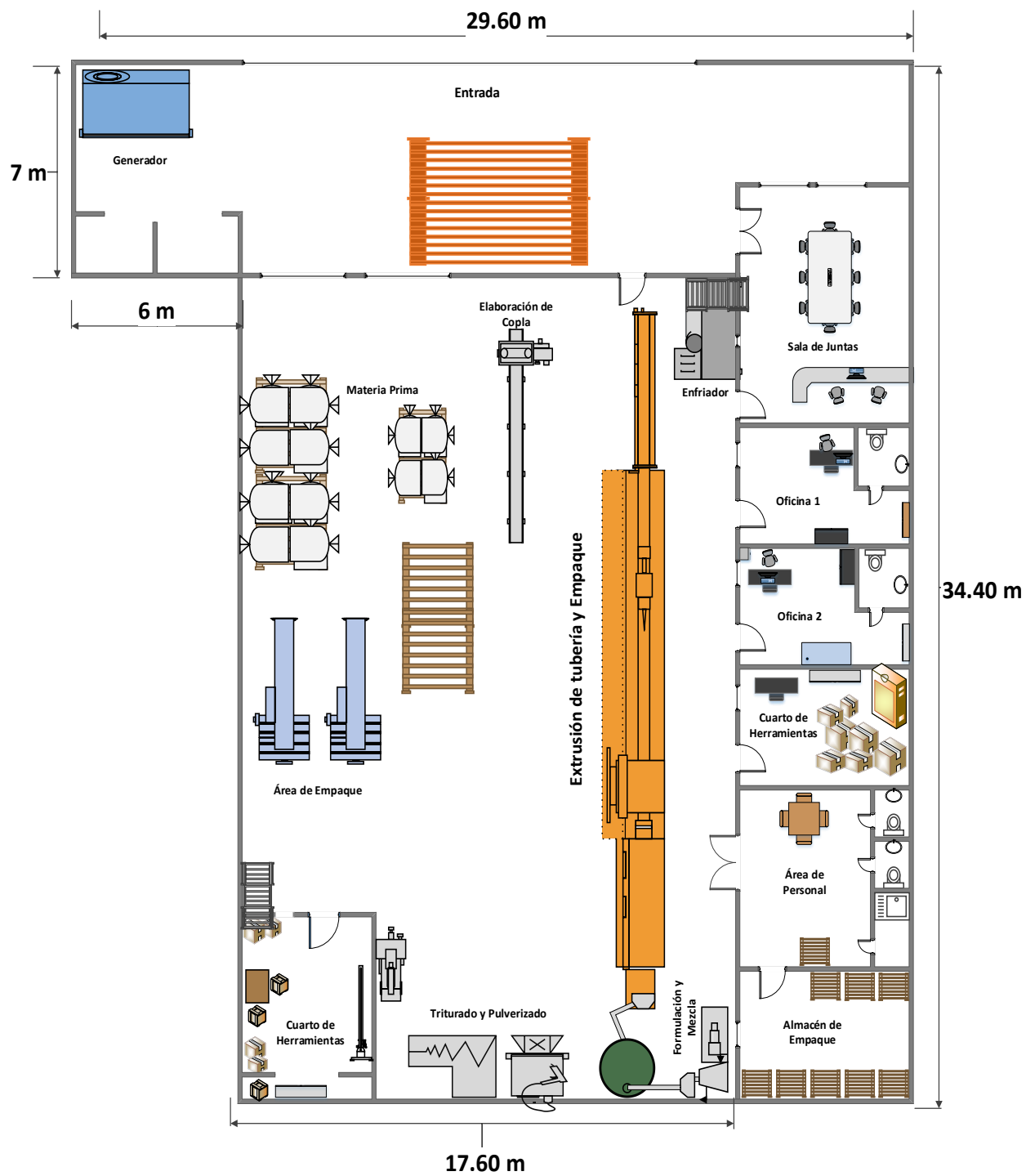
La administración se encarga diariamente de preparar los pedidos de insumos y materias primas, realizar compras y ventas de material, lleva el control de entradas y salidas del personal, pago de planilla y demás, así también procura que las solicitudes de los clientes sean tomadas en cuenta por la producción, no se manejan inventarios, flujos de efectivo y estados de resultados, así como no cuentan con base de datos de ningún tipo.

2.6. Condiciones generales de la planta

La planta en general cuenta con 854 m² en los cuales son distribuidas cinco secciones del área de producción, entre ellas: la extrusión de tubería, formulación y mezcla, triturado y pulverizado, elaboración de coplas, y por último la extrusión de empaque. Se cuenta con una sala de juntas, 2 oficinas, 2 cuartos de herramientas, un cuarto de servicio y almacén para empaque, así también, la planta de arriba es utilizada para el almacenamiento de materia prima y formulación de mezclas, como se mostrará a continuación.

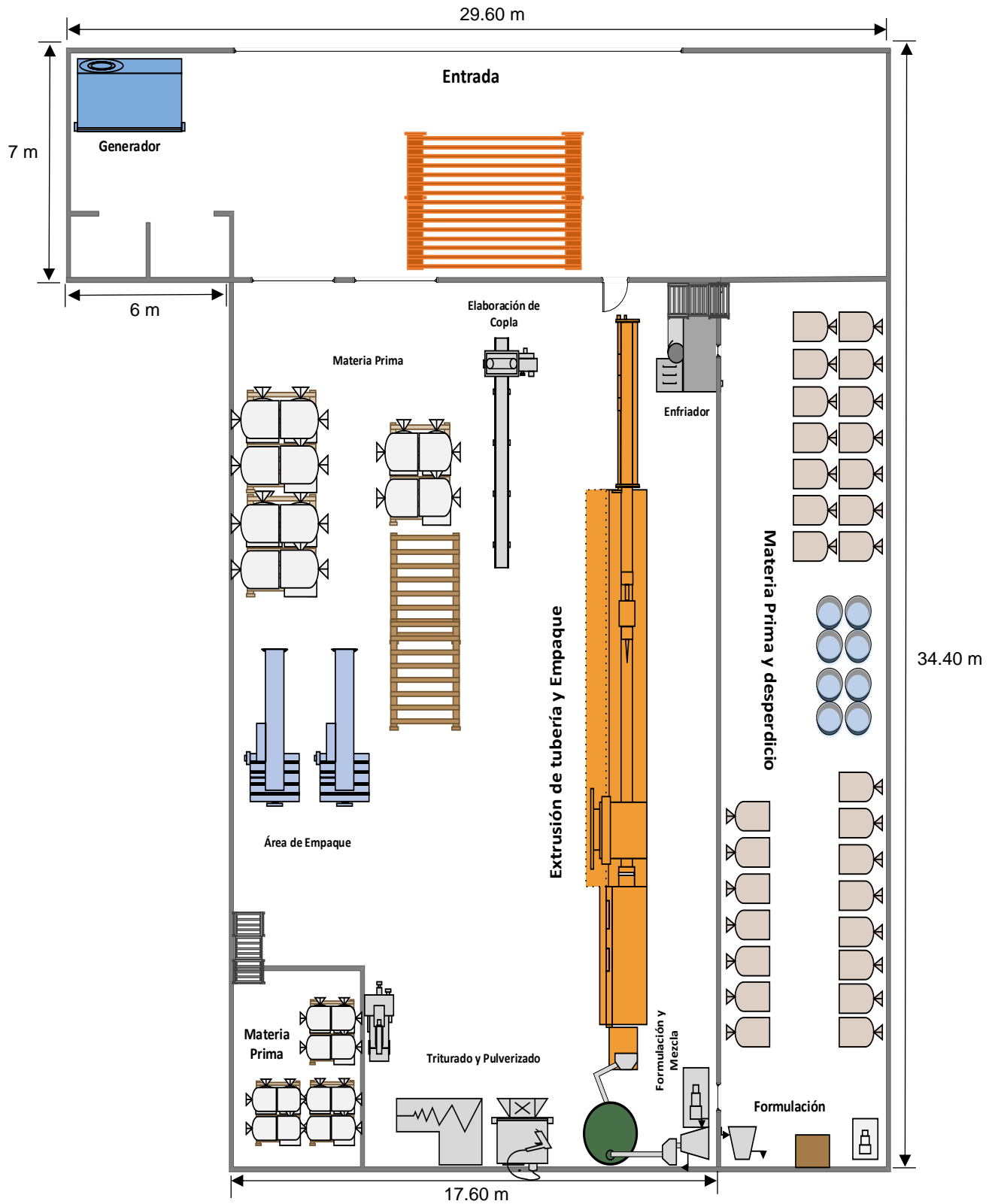
2.6.1. Distribución

Figura 8. Planta baja



Fuente: elaboración propia.

Figura 9. Planta alta



Fuente: elaboración propia.












2.6.2. Tipo de producción

La empresa se dedica a la extrusión de tubería, perfil y empaque a base de PVC, el tipo de producción es de flujo continuo ya que se mantiene en funcionamiento las 24 horas al día, a manera de disminuir los costos por reinicios de maquinaria. Se cuenta con una demanda previa y constante, se mantiene cierto stock el cual es utilizado para cubrir parte de los pedidos requeridos con anticipación, de acuerdo a las necesidades manifestadas por los clientes, luego se realiza la orden a producción para el producto que se encuentre con menor cantidad en bodega.

2.6.3. Productos elaborados

En la tabla No.1 se enlistan los diferentes productos de la línea de tubería a base de PVC elaborados por la empresa.

Tabla 1. Productos de la línea de tubería PVC

No.	Descripción	Ilustración
1.	TUBO DUCTO ¾"	
2.	TUBO PVC ¾" (250PSI SDR17)	
3.	TUBO PVC ½" (315PSI SDR12)	
4.	TUBO PVC 1" (160PSI SDR26)	
5.	TUBO PVC 1 ¼" (160PSI SDR26)	
6.	TUBO PVC 1 ½" (160PSI SDR26)	
7.	TUBO DUCTO PLUVIAL 2" Naranja	
8.	TUBO DUCTO PLUVIAL 3" Naranja	
9.	TUBO DUCTO PLUVIAL 4" Naranja.	
10.	TUBO DUCTO PLUVIAL 3" (80PSI)	
11.	TUBO DUCTO PLUVIAL 4" (80PSI)	

Fuente: elaboración propia.

En la Tabla No. 2 que se muestra a continuación, se enlistan los diferentes productos que representan la línea de empaque para PVC en la empresa.

Tabla 2. Productos de la línea de empaque para PVC

No.	Nombre	Imagen
1.	Batiente 270 m.	
2.	Hoja 270 m.	
3.	Tubular 270 m.	
4.	Cedazo 240 m.	
5.	5mm 150 m.	

Fuente: elaboración propia.

2.6.3.1. Productos de la línea de tubería

La línea de tubería brinda productos para diversas necesidades en el ámbito de la construcción, tales como protección para cables eléctricos, conducción para agua potable y bajada de agua pluvial.

Tubería

- Ducto eléctrico ¾"
- Tubo PVC ¾" (250psi SDR17)
- Tubo PVC ½" (315psi SDR12)

- Tubo PVC 1" (160psi SDR26)
- Tubo PVC 1 ¼" (160psi SDR26)
- Tubo PVC 1 ½" (160psi SDR26)
- Tubo Ducto Pluvial 2" Naranja
- Tubo Ducto Pluvial 3" Naranja
- Tubo Ducto Pluvial 4" Naranja
- Tubo Ducto Pluvial 3" (80PSI)
- Tubo Ducto Pluvial 4" (80PSI)

2.6.3.2. Productos de la línea de perfil y empaque

En la línea de perfil y empaque a base de PVC se encuentran 5 tipos diferentes, estos son adecuados a las necesidades de las diferentes presentaciones de ventanas y puertas, estas pueden ser: fijas, corredizas simples, corredizas doble, proyectadas, con cedazo, simples o especiales.

Perfil

- Tipo Marco
- Tipo Hoja
- Tipo Batiente
- Tipo Tapa Jamba
- Tipo Cedazo.

Empaque

- Tipo Batiente
- Tipo Hoja
- Tipo Tubular
- Tipo Cedazo
- Tipo 5mm (café, negro, gris, azul).

En este capítulo han sido descritos antecedentes propios de la empresa, con el fin de dar a conocer de forma general el desarrollo de la organización dentro de la misma, por lo que se relata parte de la visión y misión que tienen como empresa productora, su sistema organizacional basado en las áreas de producción y administración. Por parte de producción se dan a conocer las diferentes líneas con sus respectivos productos elaborados, la distribución actual de la maquinaria y las condiciones generales de la producción. En el área administrativa se identifican las actividades desempeñadas diariamente por cada colaborador, permitiendo conceptualizar la idea plasmada en este documento.

3. PROCESO DE EXTRUSIÓN DE TUBO Y EMPAQUE

3.1. Descripción de procesos

Se describirán paso a paso los diferentes procedimientos que tienen lugar en la elaboración de tubería ducto pluvial naranja de 3" y empaque de tipo batiente, los cuales representan a los productos con mayor demanda para la empresa.

3.1.1. Formulación y Extrusión

- **Formulación:** la etapa de formulación para el encargado de producción representa en gran parte la obtención de un buen producto terminado, ya que la utilización adecuada de la fórmula interviene en la consistencia del material que se elaborará. Para iniciar el proceso, el encargado de producción es quien proporciona al operario la fórmula que se utilizará, esto en base al producto requerido.

Ya que cuenta con las cantidades, el operario traslada la resina que utilizará al extremo de la planta alta, en donde pesa cada saco de resina en la báscula, quita el exceso y lo agrega directamente a la tolva, toma un recipiente para hacer el pesaje de las cantidades pequeñas, como: colorante, calcio, estabilizador y brillo, ya pesados esos elementos se agregan y mezclan superficialmente para que al momento de descender por la enfriadora los elementos no se encuentren muy dispersos.

Es importante recalcar que no se lleva un control de formulación, dificultando la rectificación de errores en esa área, siendo importante analizar si los defectos en el producto. Son resultado de un mal funcionamiento de la maquinaria, o dan inicio en la formulación utilizada. Ya puestos los elementos en la tolva, son mezclados hasta que ingrese la totalidad de la mezcla en la enfriadora, ya que todo el material está dentro, el operario baja y enciende a la calentadora, la cual se programa para que el material llegue a 100°C, al llegar a esa temperatura se apaga y activa la enfriadora, el material automáticamente baja por un conducto hasta la enfriadora, la cual está programada para que el material baje a 40 °C.

Con el material listo a 40 °C se activa el pistón que llena una tolva cuadrada conectada al silo, el cual se encuentra a 3.5 m del suelo, se programa para que cada 20 segundos suba material al silo, que a su vez desciende a otra tolva colocada bajo el silo, en la cual reposa el material, esta tolva va conectada a la cargadora o alimentación de la extrusora, que es programada de la misma forma por el operario, con esto da inicio el proceso de extrusión.

- Extrusión: para empezar el encargado de maquinaria debe montar el cabezal, es necesario limpiarlo y lijarlo cada vez que se coloque, ya que al estar expuesto constantemente a líquidos, el óxido se hace cada vez más presente, se aseguran cada uno de los tornillos para que en ninguna de las partes del cabezal queden espacios por donde pueda salir el material en extrusión, luego de acomodarlos con fuerza se procede a colocar el dado de la medida del tubo que se producirá y su resistencia, en total deben ser 4 resistencias, las cuales deben monitorear constantemente y procurar que sus temperaturas no se eleven demasiado.

Con el dado colocado se procede a encender y calentar la extrusora, debido a que el calentamiento requiere de 2 horas aproximadamente para que se pueda empezar a trabajar, el operario deja calentando mientras calibra el dado, con la ayuda de un vernier va verificando que el dado esté centrado a manera de que las paredes del tubo salgan lo más simétricas posibles, ya calibrado el dado refuerza los tornillos y presiona hasta que quede fijo completamente.

Estando a la espera de que la máquina caliente por completo, otro operario ayuda al encargado para colocar el tren formador, que es la parte en la que el tubo cobra forma y a su vez es enfriado bajo baño de agua, debe colocarse centrado al igual que el dado ya que estos deben quedar justo a la misma distancia, en el formador van conectadas 4 mangueras de succión y 4 de agua, esto para que el enfriamiento del material sea más rápido, ya con todo instalado y pasadas las 2 horas se procede a poner en marcha la máquina, el encargado coloca las especificaciones de velocidad y temperatura dependiente del estado del material que va saliendo.

Mientras el material va saliendo se va cortando poco a poco y depositando en una cubeta, ya que ese material es de rechazo hasta que quede estabilizada la máquina por completo, cuando las temperaturas están estabilizadas se procede a introducir ese material caliente en el tren formador, quien es el responsable de darle la forma adecuada al tubo, ya dentro, pasa por la pileta en donde las mangueras están listas para enfriar el material y procurar que llegue totalmente frío para la etapa de impresión en donde se imprime la etiqueta con las especificaciones de norma, el diámetro y logo de la empresa. Teniendo la impresión, el tubo pasa por el tren de oruga, el cual transporta el tubo hasta llegar al proceso de corte y cae listo para que otro operario de inicio a la parte de elaboración de copla.

3.1.2. Medición y pesaje de Muestras

Cada cierto tiempo el encargado de producción pide al encargado de maquinaria que tomen probetas del tubo que se está produciendo, las cuales deben ser exactamente de 60 cm, el operario encargado corta a cierta distancia y marca 60 cm, corta el excedente y se dirige al área de formulación para pesar la probeta. Para el tubo de 3 pulgadas en presentación de 6 metros, el peso por unidad de es de 3.162 kg, quiere decir que cada probeta debe pesar como mínimo 316 gramos, si su peso es menor o mayor debe realizarse cambios en las especificaciones de alimentación programadas en la extrusora, al realizar los cambios se inicia el proceso nuevamente hasta que el peso sea regulado. Actualmente el peso de la producción varía constantemente, debido a que no se documentan las especificaciones utilizadas que den el peso establecido. Se inicia de cero cada vez que se produce.

3.1.3. Elaboración de copla para tubería

Antes de empezar la operación de acoplamiento el operario se encarga de cambiar la punta de acuerdo a la medida del tubo elaborado, luego de instalar todo, toma los tubos que caen del área de corte y los traslada a la máquina, activa la pistola de aire caliente, gira el tubo hasta que el extremo esté totalmente blando para luego accionar el dispositivo y enfriar mientras la punta está dentro del producto así el tubo tomará adecuadamente la forma. El tiempo de elaboración de coplas es muy variado y poco uniforme, ya que depende mucho de la duración que el operario mantenga el tubo en el aire caliente para que este permita introducir correctamente la punta, mucho del desperdicio es por la diferencia de coplas.

3.1.4. Montado de empaque

El proceso de extrusión para el empaque y tubería se desarrolla de la misma manera, la única variación es el tamaño de la operación, ya que requiere solo una resistencia, el tiempo de calentamiento es menor y el manejo del material es mucho más fácil, ya que el material sale caliente pasa por agua sumamente fría que baja hasta llegar al fondo de una caja en donde el operario chequea constantemente hasta que su peso llegue a 24.40 lb, peso que debe tener cada rollo de empaque, ya que se llega al peso establecido, se corta y monta sobre una araña metálica que el operario debe girar hasta enrollar todo el empaque, ya enrollado se amarra de 4 lados diferentes y se deja caer de la araña para ser empacado con film y llevado al almacén de empaque.

3.1.5. Triturado y Pulverizado

El triturado y pulverizado representan parte fundamental en la elaboración de los productos de tubería y empaque, actualmente la mitad de la elaboración del empaque es con material reciclado; del material que se toma como desperdicio por cuestiones mínimas, se es triturado y reutilizado en la nueva formulación de empaque, esto hace que la espera por el abastecimiento de material virgen sea menor, lastimosamente de las dos extrusoras que se utilizan para empaque, solo una puede trabajar con material reciclado, debido a que el material solo va triturado y los trozos tapan la boquilla de una de las extrusoras, perdiendo tiempo y otros recursos en reparación.

En el caso de la tubería una de las ventajas es que el material que va saliendo defectuoso es reutilizado de la misma forma que el empaque, a excepción de que en este proceso si influye en la calidad del tubo, por ello no se ha fijado un porcentaje adecuado para el proceso de tubería ya que varía en la calidad del producto final.

Constantemente se llevan a cabo variaciones en la formulación y consistencia de la mezcla, por lo que es necesario que el triturado y pulverizado sea constante, estos procesos actualmente representan un riesgo para todos dentro de la planta, debido a su ubicación, el ruido que generan es demasiado para las 12 horas que el operario labora, así como los residuos de material que salen disparados de la trituradora, y el polvillo que suelta cuando sale el material pulverizado, ya que los operarios no cuentan con el equipo adecuado para estas actividades, genera incomodidad al momento de trabajar tantas horas en algo tan agotador, disminuyendo el rendimiento del personal y aumentando el desperdicio de material al no tener un correcto orden, recalcando que la ausencia de espacio causa que el área se encuentre desordenada y sucia.

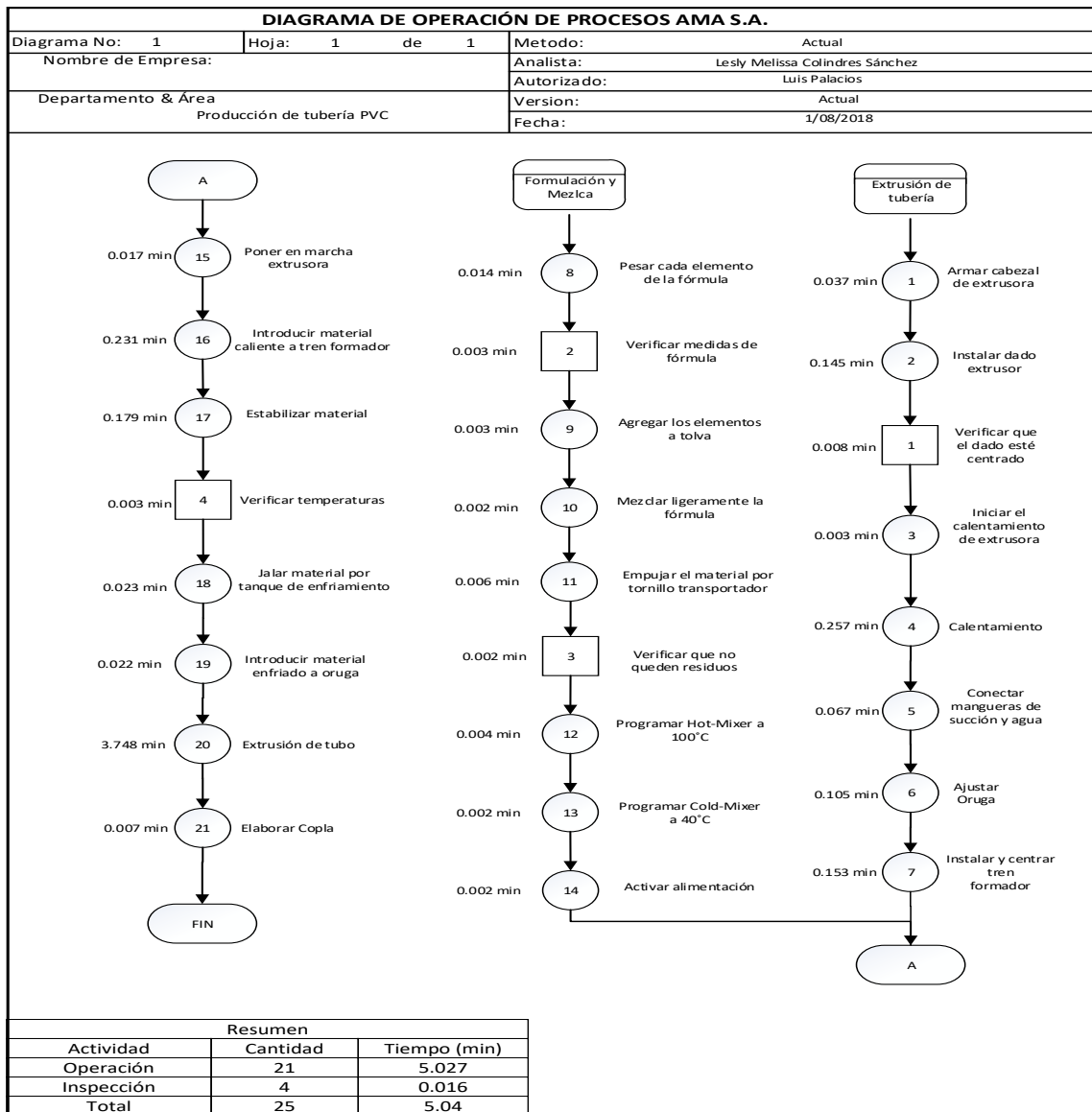
Estas operaciones no se manejan con la seriedad que se necesita, ya que el material pulverizado suele contaminarse rápidamente debido al desorden y espacio insuficiente, el desperdicio del material está por todas partes afectando el recorrido por la planta, el personal no hace uso de un equipo de seguridad adecuado a este tipo de actividades y el mal uso de las máquinas de parte de los operarios causa que los paros por reparaciones sean frecuentes, retrasando la producción por falta de materia prima.

3.2. Análisis de procesos

Para la documentación de operaciones y tiempos representativos, se observó a un operario calificado, laborando a un ritmo normal. Los tiempos documentados están basados en la producción de 1 tubo de 3 pulgadas en presentación de 6 metros.

3.2.1. Diagramas de procesos de extrusión de tubo

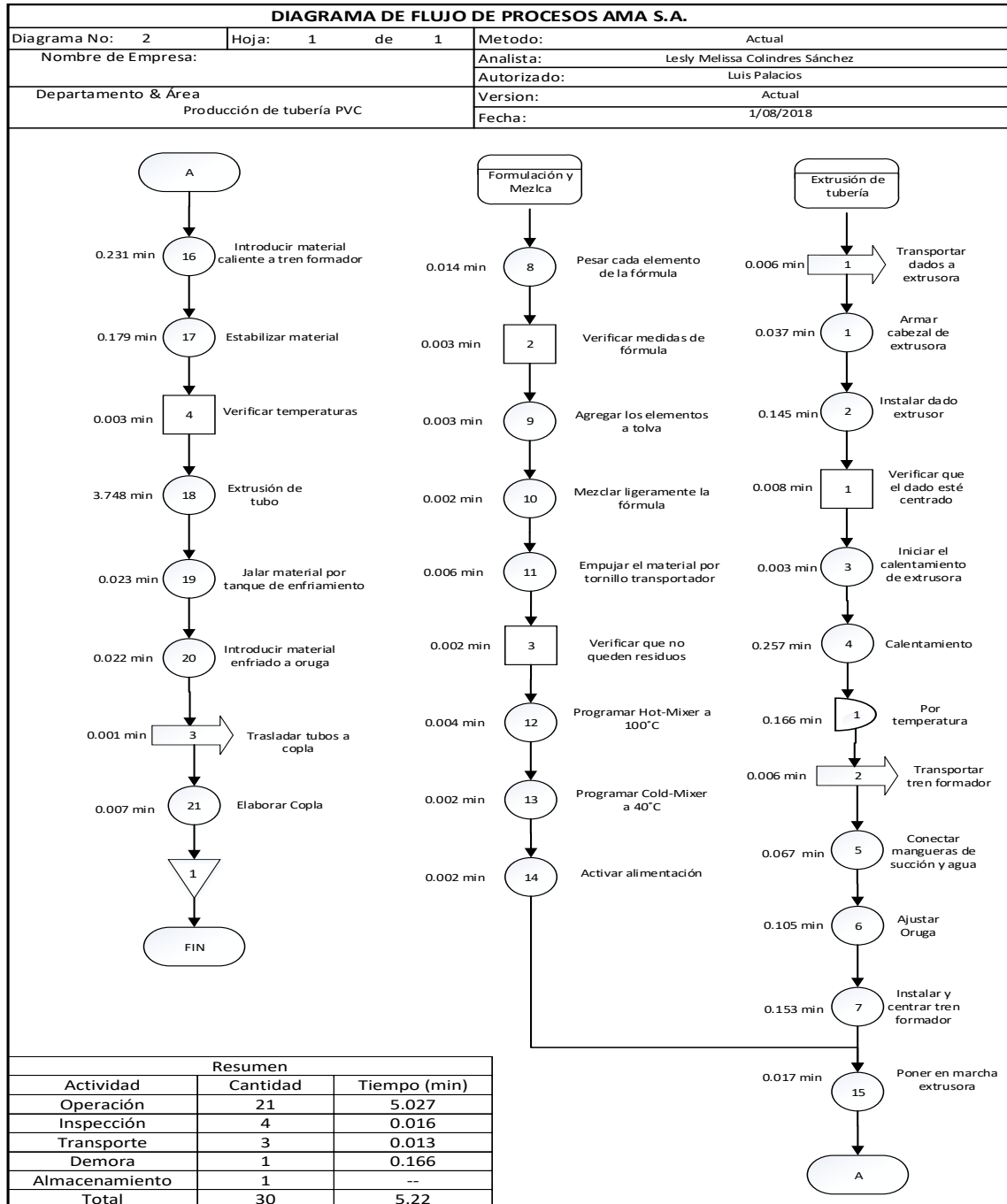
Figura 10. Diagrama de operación de procesos para extrusión de tubería



Fuente: elaboración propia.

El diagrama mostrado en la figura 11, toma en cuenta los transportes, demoras y almacenamiento de producto terminado, con esto se tiene el tiempo total de producción para 1 tubo de 3 pulgadas en presentación de 6 metros.

Figura 11. Diagrama de flujo de proceso para extrusión de tubería



Fuente: elaboración propia.

Tabla 3. Hallazgos de diagramas de procesos para tubería

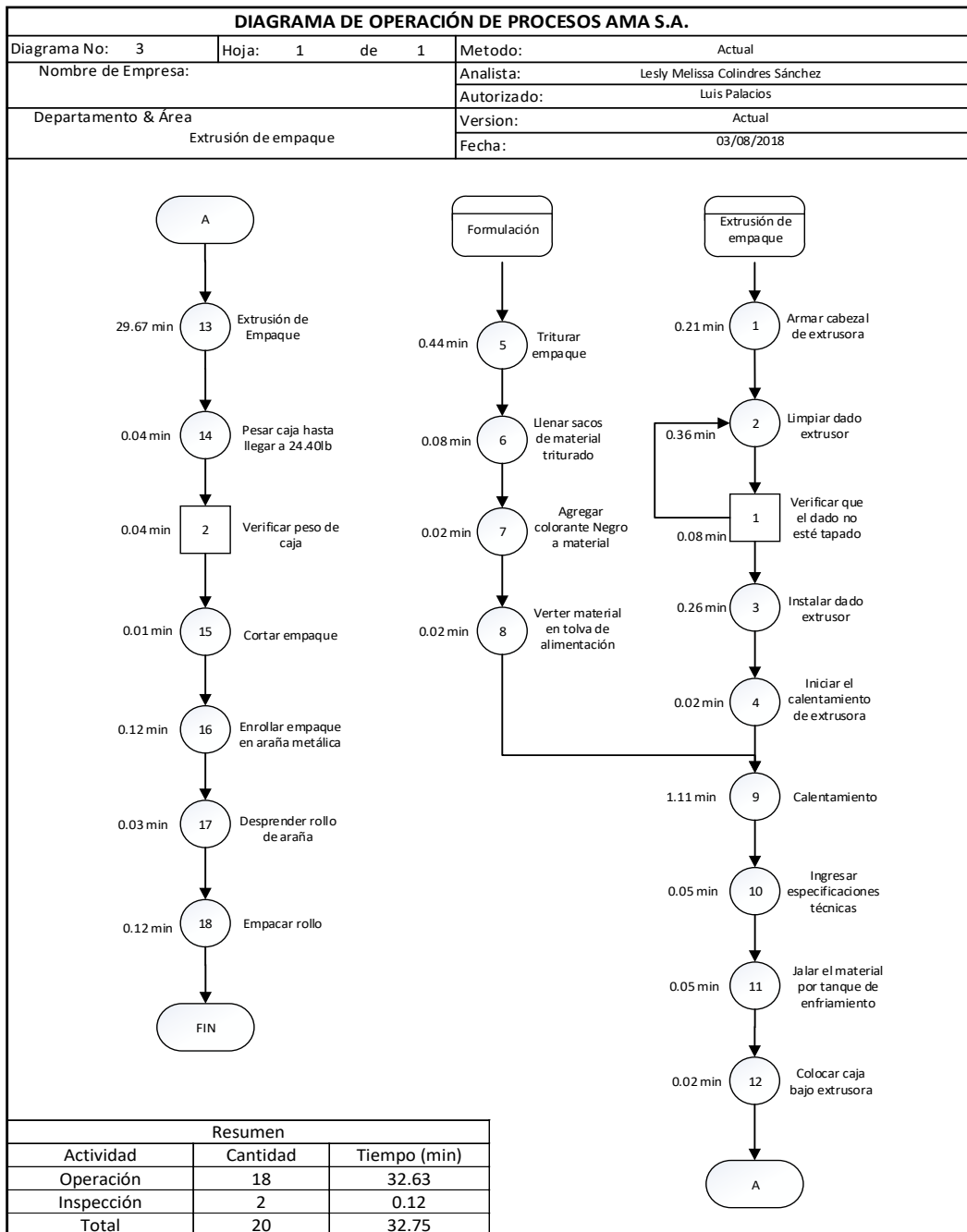
HALLAZGOS DEL PROCESO DE OPERACIÓN PARA TUBERÍA	
Tiempos de operación	Con base al flujo de procesos se estima que el tiempo requerido para obtener un tubo de 3 pulgadas, es de 5.13 minutos, mediante un total de 30 operaciones para llevar a cabo la producción de cada unidad.
Orden y limpieza	Las actividades de preparación de maquinaria son muy tardadas, esto se debe al desorden de equipo y herramientas, ya que la ausencia de áreas específicas para su resguardo causa que los operarios pierdan tiempo en la búsqueda de dichos recursos.
Procedimientos	<ul style="list-style-type: none"> • Actualmente no cuentan con especificaciones técnicas de preparación de maquinaria, documentación de temperaturas y velocidades en base al producto a elaborar, provocando así el ingreso de datos a prueba y error. • El operario analiza la consistencia del material y fija las especificaciones hasta que se obtenga el resultado deseado, retrasando aún más la estabilización del proceso. • Solo se cuenta con una extrusora para la elaboración de tubería, por ello la preparación y calentamiento de maquinaria se lleva a cabo cada vez que es necesario cambiar de diámetro, o ya sea que el proceso se vio interrumpido por falla mecánica, la medida a producir varía dependiendo la solicitud del cliente. • Con base a los tiempos estándar se estima que el ritmo de producción es de 12 tubos/hora.

Fuente: elaboración propia.

3.2.2. Diagramas de procesos de extrusión de empaque

En el diagrama de la figura 12, se muestran las operaciones necesarias para producir 1 rollo de empaque batiente de 270 metros.

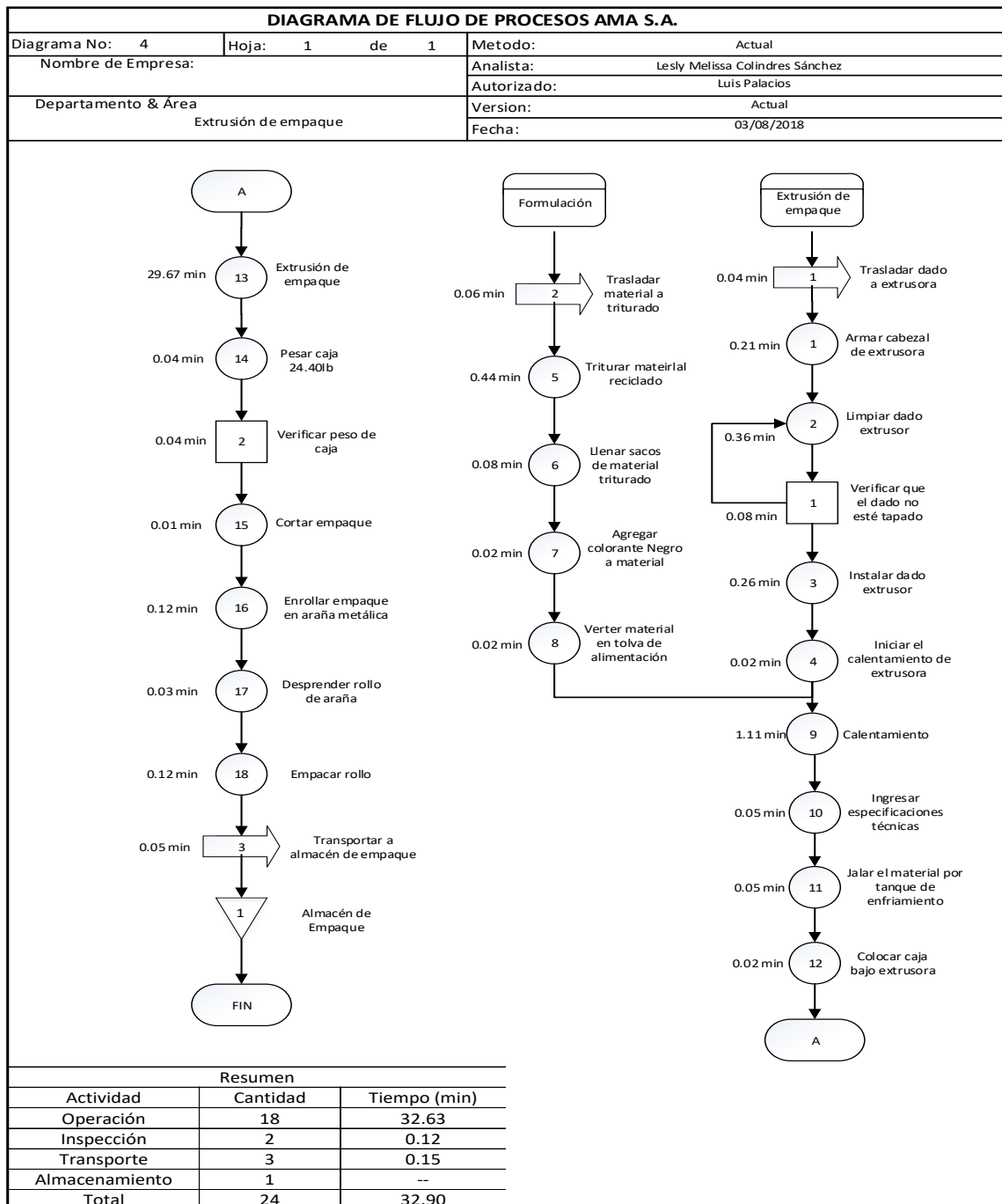
Figura 12. Diagrama de operación de procesos para extrusión de empaque



Fuente: elaboración propia.

En el siguiente diagrama son tomados en cuenta los transportes, demoras y almacenamiento de producto terminado para la producción de un rollo de empaque batiente de 270 metros de largo.

Figura 13. Diagrama de flujo de procesos para extrusión de empaque



Fuente: elaboración propia.

Tabla 4. Hallazgos de diagramas de procesos para empaque

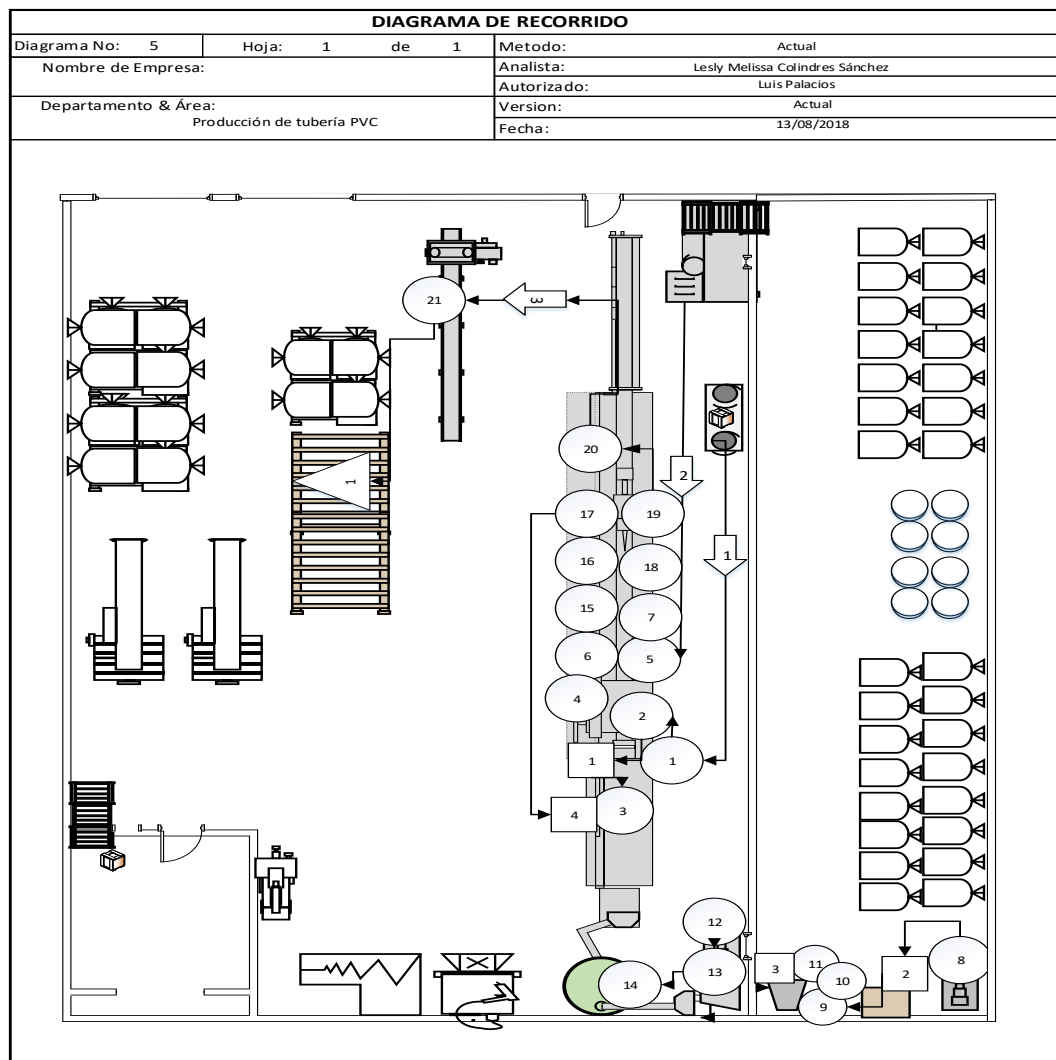
HALLAZGOS DEL PROCESO DE OPERACIÓN PARA EMPAQUE	
Tiempos de operación	<ul style="list-style-type: none"> • El tiempo estándar para producir 1 rollo de empaque es de 32.54 minutos, requiriendo un total de 24 operaciones para producir un rollo de 270 metros.
Orden y limpieza	<ul style="list-style-type: none"> • La falta de mantenimiento a los dados de empaque, es uno de los factores limitantes dentro del proceso, ya que restos de material extruido quedan en la boquilla y al enfriarse obstaculiza el paso a la formación adecuada del empaque, causando que el proceso inicie nuevamente hasta despejar por completo el paso del material. • Cuentan con espacios suficientemente amplios para el almacenaje de materiales, herramientas, cabezales y dados, pero no son utilizados adecuadamente; el buscar por toda la planta las herramientas necesarias para el proceso es una pérdida de recursos, provoca muchas veces que los pedidos no salgan a tiempo y los clientes no estén satisfechos.
Procedimientos	<ul style="list-style-type: none"> • No se maneja un control de tareas por puesto dentro de la producción, afectando el desempeño de los operarios, de tal manera que parte de los retrasos ocasionados se debe también al descuido de los operarios en el mantenimiento de las maquinarias y en el desarrollo de la producción. • Las actividades documentadas son en base al arranque semanal de producción hasta la obtención de un solo rollo de empaque tipo batiente, esto debido a que dicho proceso inicial tiende a ser variado y lento, necesitando ser regulado. • El producto a estudiar de la línea de empaque es el tipo batiente, ya que es el que maneja mayor movimiento, el ritmo de producción es de 2 rollos/hora.

Fuente: elaboración propia.

3.2.3. Diagramas de Recorrido

En la figura 14, se muestra la representación gráfica del recorrido de los procesos productivos dentro de la planta, partiendo del diagrama de flujo de procesos para extrusión de tubo mostrado en la figura 11.

Figura 14. Diagrama de recorrido para tubería

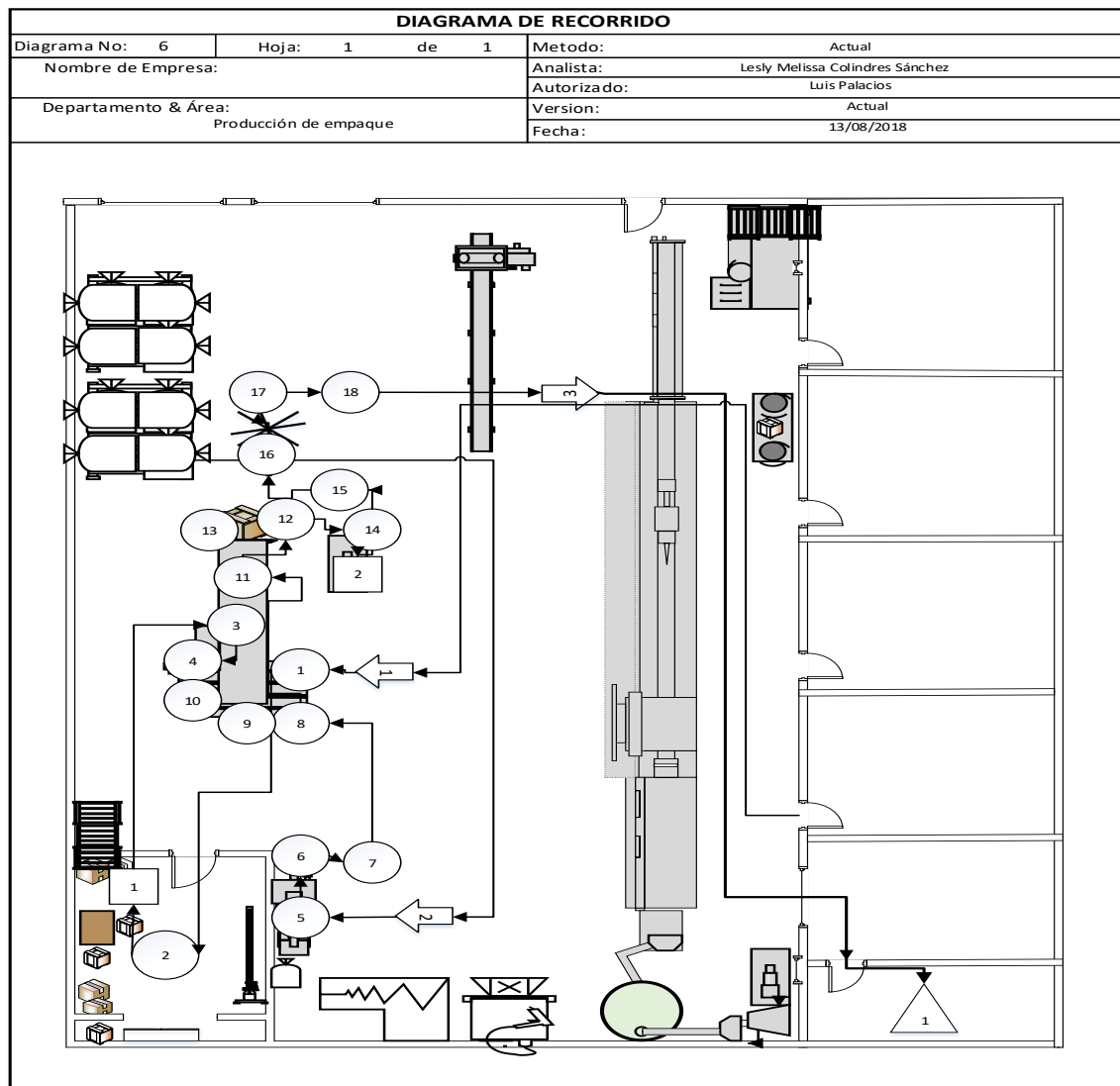


RESUMEN	
Actividad	Cantidad
Operación	21
Inspección	4
Transporte	3
Demora	1
Almacenaje	1
TOTAL	30

Fuente: elaboración propia.

En este diagrama se muestra de forma gráfica el recorrido de los procesos de producción dentro de las instalaciones, el cual parte del diagrama de flujo de procesos para extrusión de empaque, mostrado en la figura 13.

Figura 15. Diagrama de recorrido para empaque.



RESUMEN	
Actividad	Cantidad
Operación	18
Inspección	2
Transporte	3
Almacenaje	1
TOTAL	24

Fuente: elaboración propia.

Tabla 5. Análisis de diagramas de recorrido para tubo y empaque

HALLAZGOS DEL PROCESO DE OPERACIÓN PARA TUBERÍA	
Distribución de Maquinaria y equipo	<p>Las herramientas están a distancias muy largas del área de trabajo lo que perjudica el desarrollo eficiente de las actividades, ya que el operario recorre toda la planta cuando necesita parte de su equipo de trabajo, como se ve en los transportes de las figuras 14 y 15.</p> <p>El espacio disponible entre máquinas es muy reducido, haciendo que la fluidez de los operadores se vea interrumpida, causando inconvenientes en el paso por cada uno de los equipos, demorando en los transportes y causando riesgo al momento de recorrer la planta.</p> <p>El área de almacenaje de materia prima y producto terminado de tubo representa un espacio desaprovechado, propenso a causar accidentes y obstaculizando las operaciones de extrusión de empaque.</p>
Orden y limpieza	<p>Debido al desorden que se maneja por el constante desecho de material en estabilización y desperdicios, se percibe saturación de operaciones en áreas determinadas para ambos procesos de producción, el operario decide llevar a cabo todas las actividades posibles en un solo lugar a manera de evitar tediosos recorridos por la planta, así también los espacios de trabajo son reducidos y se presentan en condiciones desfavorables.</p> <p>Los desplazamientos no son rectos e irregulares, haciendo que el proceso se torne desordenado y perjudicial para todo el personal.</p>

Fuente: elaboración propia.

3.2.4. Diagramas Hombre-Máquina

El diagrama Hombre-máquina muestra la relación del trabajo desempeñado por el operario respecto al ciclo de operación de la máquina extrusora, tomando como base el diagrama de operaciones para tubo de la figura 10.

Figura 16. Diagrama hombre-máquina para extrusión de tubería

Diagrama Hombre-Máquina línea de tubería			
Operación:	Extrusión de tubería PVC	Diagrama No.	7
Máquina tipo:	Extrusora 1	Hoja No.	1 de 1
Departamento:	Producción	Analista:	Melissa Colindres
Empresa:		Método:	Actual
Operador	Tiempo (Min)	Máquina 1	Tiempo (Min)
Amar Cabezal	0.037	Cargar máquina	0.190
Instalar dado extrusor	0.145		
Verificar centrado	0.008		
Iniciar calentamiento	0.003	Calentamiento	0.423
Conectar mangueras de succión y agua	0.067		
Ajustar Oruga	0.105		
Instalar y centrar tren formador	0.153		
revisar resistencias	0.021		
Inspeccionar alimentación de extrusora	0.018		
Inspección de temperaturas	0.012		
Poner en marcha extrusora	0.017		
Moldear material extruido	0.027		
Introducir material a tren formador	0.231		
Estabilizar Material	0.179		
Verificar temperaturas	0.033		
Jalar material a enfriamiento	0.023		
Introducir a oruga	0.022		
Inspeccionar extrusión	2.750		
Esperar tubo extruido	0.940		
Revisar corte	0.240		
Pasar a copla	0.007		

Continuación figura 16.

RESUMEN			
Operario	Minutos	Máquina	Minutos
Tiempo total del ciclo	5.04	Tiempo total del ciclo	5.04
Tiempo de ocio	0.94	Tiempo de ocio	0.00
tiempo productivo	4.10	tiempo productivo	5.04
% de utilización de operario	81%	% de utilización de operario	100%

Fuente: elaboración propia.

Tabla 6. Análisis del diagrama hombre-máquina para tubo

HALLAZGOS DEL DIAGRAMA HOMBRE-MÁQUINA
<p>Según el diagrama hombre-máquina de la figura 16. El tiempo de ocio del operario es mayor al tiempo de ocio de la máquina, lo que da a entender que el operario puede atender más de una máquina, sin embargo el proceso requiere de constante supervisión por lo que agregar una segunda máquina no sería de mayor beneficio para la producción.</p>
<p>Los tiempos empleados para el desarrollo del diagrama hombre-máquina son con base al ciclo de producción para un tubo de 3 pulgadas, siendo de 5.04 minutos, como se muestra en el diagrama de operaciones plasmado en la figura 10.</p> <p>Número de Ciclos por turno:</p> <p>Si se trabajan turnos de 12 horas/día y el ciclo productivo es de 5.04 min</p> $12 \text{ hra} \times \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hra}} = 720 \text{ min} \times \frac{1 \text{ ciclo}}{5.04 \text{ min}} = 142.86 \approx 143 \text{ ciclos}$

Fuente: elaboración propia.

El diagrama Hombre-máquina muestra la relación del trabajo desempeñado por el operario respecto al ciclo de operación de la máquina extrusora, tomando como base el diagrama de operaciones para empaque de la figura 12.

Figura 17. Diagrama hombre-máquina para extrusión de empaque

Diagrama Hombre-Máquina línea de empaque							
Operación:	Extrusión de empaque	Diagrama No.	8				
Máquina tipo:	Extrusora	Hoja No.	1 de 1				
Departamento:	Producción	Analista:	Melissa Colindres				
Empresa:		Método:	Actual				
Operador	Tiempo (Min)	Extrusora 1	Tiempo (Min)	Trituradora	Tiempo (Min)	Extrusora 2	Tiempo (min)
Amar Cabezal 1	0.21	Preparación de maquinaria	0.93	Tiempo muerto	2.04	Tiempo muerto	0.98
Limpiar dado extrusor 1	0.36						
Verificar que el dado no está tapado	0.08						
Instalar dado extrusor 1	0.26						
Iniciar calentamiento extrusora 1	0.02						
Ingresar especificaciones técnicas	0.05	Calentamiento	1.11	Tiempo muerto	2.04	Preparación de maquinaria	0.93
Amar cabezal 2	0.21						
Limpiar dado extrusor 2	0.36						
Verificar que el dado no está tapado	0.08						
Instalar dado extrusor 2	0.26						
Iniciar calentamiento extrusora 2	0.02	Extrusión	30.71	Preparación	0.17	Calentamiento	1.11
Ingresar especificaciones técnicas	0.05						
Alimentar extrusora 1	0.08						
Preparar trituradora	0.10						
Jalar material a enfriamiento 1	0.05						
Colocar caja bajo extrusora 1	0.02	Tiempo muerto	5.32	Triturar empaque	0.52	Extrusión	29.73
Cargar trituradora	0.52						
Formular para extrusora 2	0.18						
Alimentar extrusora 2	0.11						
Jalar material a enfriamiento 2	0.05						
Inspeccionar material de extrusión 1	0.88	Tiempo muerto	3.70	Triturar empaque	6.60	Extrusión	29.73
Limpieza de dados extrusores	3.60						
Inspeccionar velocidad y temperaturas	0.50						
Cargar trituradora	6.60						
Tiempo de ocio	10.00						
Cargar trituradora	4.40	Tiempo muerto	3.70	Triturar empaque	4.40	Extrusión	29.73
Pesar caja 1	0.08						
Alimentar extrusora 1	0.10						
Formular para extrusora 2	0.18						
Cortar empaque	0.01						
Inspeccionar material de extrusión 2	0.66	Tiempo muerto	3.70	Triturar empaque	4.40	Extrusión	29.73
Verificar peso	0.08						
Esperar hasta llegar a 24.40 lb	1.23						
Cortar empaque 1	0.01						
Enrollar empaque 1	0.12						
Liberar de araña	0.03	Tiempo muerto	3.70	Triturar empaque	4.40	Extrusión	29.73
Empacar rollo	0.12						
Pesar caja 2	0.08						
Esperar hasta llegar a 24.40 lb	0.84						
Cortar empaque 2	0.01						
Enrollar empaque	0.12	Tiempo muerto	3.70	Triturar empaque	4.40	Extrusión	29.73
Liberar de araña	0.03						

Continuación de la figura 17.

RESUMEN							
Operario	Min	Extrusora 1	Min	Trituradora	Min	Extrusora 2	Min
Tiempo total del ciclo	32.75	Tiempo total del ciclo	32.75	Tiempo total del ciclo	32.75	Tiempo total del ciclo	32.75
Tiempo de ocio	10.00	Tiempo de ocio	0.00	Tiempo de ocio	21.06	Tiempo de ocio	0.98
tiempo productivo	22.75	tiempo productivo	32.75	tiempo productivo	11.69	tiempo productivo	31.77
% de utilización	69%	% de utilización	100%	% de utilización	36%	% de utilización extrusora 2	97%

Fuente: elaboración propia.

Análisis de diagrama hombre-máquina para empaque: Como se muestra en la tabla de resumen, el tiempo de ocio del operario es mayor en dos de las máquinas, a excepción de la trituradora que percibe la mayor cantidad de tiempo muerto, sin embargo, no es un proceso que se requiera de manera continua, debido a que el material reciclado solo puede ser utilizado en una de las dos máquinas, ya que su tolva no es capaz de procesar material reciclado.

Según los datos mostrados en el diagrama hombre-máquina para la extrusión de empaque, el ciclo de producción es de 32.75 minutos.

- Si se trabajan turnos de 12 horas/día y el ciclo productivo es de 32.75 min

$$12 \text{ hra} \times \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hra}} = 720 \text{ min} \times \frac{1 \text{ ciclo}}{32.75 \text{ min}} = 21.98 \approx 22 \text{ ciclos}$$

- Basándose en esta información debería esperarse una producción diaria de 44 rollos de empaque.

3.2.5. Estudio de tiempos estándar de producción

Para poder determinar el tiempo invertido por un operario normal calificado en realizar una tarea, es necesario contar con un registro de trabajo basado en operaciones y elementos definidos, elementos en el orden de ejecución que permitan facilitar la recolección de tiempos (ver tablas 10 y 11).

Se realizó el cálculo de las observaciones necesarias tomando como base 10 lecturas preliminares de la actividad que inicia el calentamiento de extrusora, debido a que Meyers Fred (2000), en su estudio de tiempos afirma: “si el ciclo es $\leq a 2min$ la cantidad de lecturas deben ser 10, si dicho ciclo es $> a 2min$ se necesitarán solo 5 lecturas” (p.155), por lo que se procede a calcular en la siguiente tabla la cantidad de observaciones necesarias para la obtención de tiempos estándar.

Tabla 7. Cálculo de observaciones

CÁLCULO DE OBSERVACIONES		PROCEDIMIENTO
No.	Lecturas	$R = \text{Max} - \text{Min}$ $R = 37 - 29 = 8$
1	33	
2	29	$\bar{x} = (343) / 10 =$ 34.30
3	34	
4	37	
5	33	
6	35	
7	36	$R/\bar{X} = 8 / 34.30 =$ 0.233
8	34	
9	35	
10	37	
TOTAL	343	

1. Se calcula el rango o intervalo de los tiempos del ciclo, mediante la resta de la lectura mayor y menor.
2. Luego se divide la sumatoria de tiempo dentro del número de lecturas realizadas, para obtener el promedio.
3. Ya con el promedio se encuentra el cociente entre el rango y la media, el resultado servirá para encontrar el número de observaciones en la figura no. 23

Fuente: elaboración propia.

Según la figura 18 para 10 lecturas preliminares con un nivel de 95% de confianza, se tomó el r/x de 0.22 ya que es el más próximo al dato que se calculó en el paso anterior, por lo tanto, la cantidad de observaciones a tomar en cuenta para el cálculo de tiempos estándar será de 8.

Figura 18. Cálculo para observaciones

TABLA PARA CÁLCULO DEL NÚMERO DE OBSERVACIONES					
R/X	5	10	R/X	5	10
0	0	0	0.48	68	39
0.01	1	1	0.50	74	42
0.02	1	1	0.52	80	46
0.03	1	1	0.54	86	49
0.04	1	1	0.56	93	53
0.05	1	1	0.58	100	57
0.06	1	1	0.60	107	61
0.07	1	1	0.62	114	65
0.08	1	1	0.64	121	69
0.09	1	1	0.66	129	74
0.10	3	2	0.68	137	78
0.12	4	2	0.70	145	83
0.14	6	3	0.72	153	88
0.16	8	4	0.74	162	93
0.18	10	6	0.76	171	98
0.20	12	7	0.78	180	103
0.22		8	0.80	190	108
0.24	13	10	0.82	199	113
0.26	20	11	0.84	209	119
0.28	23	13	0.86	218	126
0.30	27	15	0.88	229	131
0.32	30	17	0.90	239	138
0.34	34	20	0.92	250	143
0.36	38	22	0.94	261	149
0.38	43	24	0.96	273	156
0.40	47	27	0.98	284	162
0.42	52	30	1.00	296	169
0.44	57	33	1.02	303	173
0.46	63	36	1.04	313	179

Fuente: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/>

Para interpretar adecuadamente la aplicación de tiempos estándar en la figura 19, se muestran los datos recolectados correspondientes a las unidades producidas de tubo y empaque en un lapso de 60 días, a manera de obtener el ciclo real de producción basado en el promedio de unidades obtenidas.

Figura 19. Producción promedio

PRODUCCIÓN					
No.	Tubería (Unidades)	Empaque (Rollos)	No.	Tubería (Unidades)	Empaque (Rollos)
1	151	35	31	155	27
2	157	44	32	161	28
3	158	31	33	149	37
4	155	29	34	155	21
5	168	25	35	152	29
6	170	37	36	164	26
7	163	21	37	158	32
8	152	28	38	152	26
9	156	26	39	168	25
10	147	38	40	147	18
11	150	30	41	156	30
12	155	26	42	151	31
13	154	31	43	157	30
14	158	39	44	149	28
15	166	27	45	155	27
16	152	28	46	158	36
17	157	31	47	156	27
18	163	26	48	161	20
19	156	38	49	154	36
20	162	25	50	156	34
21	154	19	51	159	30
22	148	33	52	164	24
23	155	27	53	155	26
24	147	36	54	163	28
25	151	25	55	161	32
26	158	30	56	157	30
27	152	28	57	158	27
28	169	22	58	166	32
29	150	20	59	156	31
30	146	33	60	159	30
Promedios				157	29

Fuente: elaboración propia.

A continuación, se muestran los tiempos cronometrados para la extrusión de una unidad de tubo de 3 pulgadas en presentación de 6 metros.

Tabla 8. Tiempos cronometrados para la extrusión de tubo

No.	Elementos del proceso de extrusión de tubería	CICLOS								
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	TP
1	Transportar dados a extrusora	0.0046	0.0054	0.0068	0.0050	0.0070	0.0058	0.0056	0.0061	0.006
2	Armar cabezal de extrusora	0.0329	0.0334	0.0285	0.0328	0.0338	0.0331	0.0324	0.0332	0.033
3	Instalar dado extrusor	0.1219	0.1241	0.1231	0.1213	0.1171	0.1222	0.1232	0.1239	0.122
4	Verificar que el dado esté centrado	0.0067	0.0033	0.0066	0.0070	0.0072	0.0076	0.0075	0.0073	0.007
5	Iniciar el calentamiento de extrusora	0.0027	0.0030	0.0035	0.0033	0.0029	0.0029	0.0025	0.0032	0.003
6	Transportar tren formador	0.0052	0.0054	0.0044	0.0053	0.0048	0.0059	0.0052	0.0046	0.005
7	Instalar y centrar tren formador	0.1239	0.1247	0.1347	0.1289	0.1339	0.1292	0.1368	0.1283	0.130
8	Conectar mangueras de succión y agua	0.0544	0.0576	0.0539	0.0546	0.0536	0.0584	0.0543	0.0541	0.055
9	Ajustar Oruga	0.0916	0.0895	0.091	0.0918	0.0906	0.0896	0.0908	0.092	0.091
10	Pesar cada elemento de la fórmula	0.0131	0.0137	0.0134	0.0141	0.0136	0.0132	0.0143	0.0133	0.014
11	Verificar medidas de fórmula	0.0023	0.0026	0.0025	0.0022	0.0029	0.0033	0.0027	0.0024	0.003
12	Agregar los elementos a tolva	0.0020	0.0024	0.0021	0.0026	0.0023	0.0029	0.0024	0.0022	0.002
13	Mezclar ligeramente la fórmula	0.0021	0.0024	0.0019	0.0022	0.0024	0.0019	0.0025	0.002	0.002
14	Empujar el material por tornillo transportador	0.0052	0.0055	0.0048	0.0058	0.0054	0.0049	0.0054	0.005	0.005
15	Verificar que no queden residuos	0.0011	0.0013	0.0016	0.0014	0.0022	0.0018	0.001	0.001	0.001
16	Programar Calentadora a 100° C	0.0032	0.0031	0.0034	0.0033	0.0034	0.0031	0.0032	0.0035	0.003
17	Programar Enfriadora a 40° C	0.0017	0.0020	0.0016	0.0018	0.0021	0.0022	0.0014	0.0023	0.002
18	Activar alimentación	0.0016	0.0014	0.0018	0.0020	0.0017	0.0017	0.0021	0.0015	0.002
19	Calentamiento	0.2970	0.2979	0.3061	0.3039	0.3115	0.2974	0.3071	0.3046	0.303
20	Demora por temperatura	0.2031	0.2055	0.2067	0.2110	0.2058	0.2024	0.2077	0.2138	0.207
21	Poner en marcha extrusora	0.0156	0.0160	0.0162	0.0153	0.0157	0.016	0.0163	0.0164	0.016
22	Introducir material caliente a tren formador	0.2250	0.2234	0.2301	0.2430	0.2249	0.2262	0.2296	0.2324	0.229
23	Estabilizar material	0.2298	0.2245	0.2237	0.2264	0.2196	0.2231	0.2199	0.2189	0.223
24	Verificar temperaturas	0.0024	0.0021	0.0027	0.0020	0.0028	0.0022	0.0029	0.003	0.003
25	Extrusión de tubo	3.1800	3.1500	3.1700	3.1600	3.1300	3.1800	3.1400	3.1600	3.159
26	Jalar material por tanque de enfriamiento	0.0201	0.0197	0.0204	0.0208	0.0203	0.0211	0.0196	0.0205	0.020
27	Introducir material enfriado a oruga	0.0194	0.0209	0.0197	0.0196	0.0198	0.0162	0.0203	0.0198	0.019
28	Trasladar tubo a copla	0.0010	0.0011	0.0017	0.0011	0.0009	0.0014	0.001	0.0012	0.001
29	Elaborar copla	0.0054	0.0059	0.0061	0.0057	0.0050	0.0061	0.0056	0.0059	0.006
Tiempo total por ciclo		4.6749	4.6478	4.6887	4.694	4.6432	4.6817	4.6632	4.6825	4.67

Fuente: elaboración propia.

En base a los promedios de la figura 19, se obtienen los tiempos promedio para el ciclo productivo de una unidad de empaque batiente, permitiendo analizar el tiempo invertido en el proceso de fabricación e identificar posibles mejoras en las actividades desarrolladas.

Tabla 9. Tiempos cronometrados para la extrusión de empaque

No.	Elementos del proceso de extrusión de empaque	Muestras								
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	TP
1	Trasladar dado a extrusora	0.0383	0.0362	0.0379	0.0328	0.0317	0.0352	0.0334	0.0341	0.03
2	Armar cabezal de extrusora	0.1783	0.2166	0.1845	0.1890	0.2131	0.1814	0.1903	0.2141	0.20
3	Limpiar dado extrusor	0.3266	0.3283	0.3234	0.3486	0.3297	0.3224	0.3500	0.3479	0.33
4	Verificar que el dado no esté tapado	0.0669	0.0724	0.0548	0.0593	0.0717	0.0741	0.0614	0.0759	0.07
5	Instalar dado extrusor	0.2224	0.1972	0.2155	0.2293	0.2486	0.2248	0.2269	0.2448	0.23
6	Iniciar el calentamiento de extrusora	0.0166	0.0190	0.0169	0.0176	0.0166	0.0166	0.0162	0.0169	0.02
7	Demora por calentamiento	1.0107	1.0759	1.0569	0.9897	1.0428	1.0879	0.9841	1.0297	1.03
8	Trasladar material a triturado	0.0490	0.0476	0.0500	0.0445	0.0497	0.0441	0.0524	0.0469	0.05
9	Triturar material reciclado	0.3528	0.4276	0.4338	0.3983	0.4224	0.3717	0.4007	0.4317	0.40
10	Llenar sacos de material triturado	0.0741	0.0766	0.0614	0.0672	0.0728	0.0662	0.0821	0.0848	0.07
11	Agregar colorante Negro a material	0.0172	0.0166	0.0155	0.0179	0.0193	0.0148	0.0186	0.0169	0.02
12	Verter material en tolva de alimentación	0.0166	0.0186	0.0176	0.0169	0.0207	0.0214	0.0193	0.0166	0.02
13	Ingresar especificaciones técnicas	0.0466	0.0438	0.0476	0.0421	0.0407	0.0434	0.0448	0.0486	0.04
14	Jalar el material por tanque de enfriamiento	0.0386	0.0407	0.0424	0.0441	0.0397	0.0417	0.0393	0.0379	0.04
15	Colocar recipiente de empaque	0.0145	0.0131	0.0155	0.0124	0.0141	0.0166	0.0179	0.0152	0.01
16	Extrusión de 270 metros de empaque	27.5800	27.3900	28.2400	27.6600	27.4200	28.1600	27.5000	27.1800	27.64
17	Pesar caja hasta llegar a 24.40lb	0.0366	0.0324	0.0386	0.0300	0.0397	0.0372	0.0417	0.0338	0.04
18	Verificar peso de caja	0.0331	0.0314	0.0300	0.0324	0.0310	0.0355	0.0386	0.0338	0.03
19	Cortar empaque	0.0052	0.0041	0.0062	0.0069	0.0076	0.0055	0.0038	0.0048	0.01
20	Enrollar empaque en araña metálica	0.1086	0.1062	0.1293	0.1086	0.1076	0.1124	0.1097	0.1162	0.11
21	Desprender rollo de araña metálica	0.0224	0.0245	0.0203	0.0228	0.0214	0.0248	0.0200	0.0241	0.02
22	Empacar rollo	0.1069	0.0993	0.1062	0.1083	0.1076	0.1003	0.1017	0.1052	0.10
23	Transportar a almacén de empaque	0.0448	0.0431	0.0490	0.0476	0.0414	0.0407	0.0500	0.0455	0.05
TOTALES		30.4066	30.3610	31.1934	30.5262	30.4097	31.0790	30.4031	30.2055	30.57

Fuente: elaboración propia.

3.2.6. Formulación para tiempos estándar

A continuación, se muestra la secuencia de pasos y fórmulas necesarias para el desarrollo de los cálculos previos al tiempo estándar por producto.

- Tiempo promedio: el tiempo promedio de cada una de las actividades cronometradas del proceso de extrusión de tubería, se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$T_p = \Sigma X_i / n$$

En donde:

T_p = Tiempo promedio en minutos

ΣX_i = Sumatoria de todos los ciclos

n = Número de las lecturas realizadas

- Tiempo normal: para el cálculo del tiempo normal de cada una de las actividades cronometradas del proceso de extrusión de tubería y empaque, se utiliza la siguiente fórmula:

$$T_n = T_c * \%CAV$$

En donde:

T_n = Tiempo normal de operaciones

T_c = Tiempo cronometrado = tiempo promedio

$\%CAV$ = Porcentaje de calificación de la actuación del operario.

- Tiempo estándar: representa el tiempo de producción por unidad elaborada, y se calcula por medio de la fórmula:

$$Ts = Tn \times (1 + \Sigma\% \text{ tolerancias})$$

En donde:

Ts = Tiempo estándar

% tolerancia = establecido por la OIT y la empresa.

- Tolerancia: la Organización internacional del trabajo (OIT) plantea porcentajes para las concesiones fijas o variables dentro del trabajo, estas se establecen con carácter obligatorio para el estudio de tiempos, por ello en la tabla 10, se presentan los porcentajes asignados por la OIT para las necesidades personales y fatiga, a excepción de las demoras inevitables; dicho porcentaje fue acordado por la empresa.

Tabla 10. Tolerancias del trabajo

Concesiones	Porcentaje
Necesidades Personales	5%
Demoras Inevitables	4%
Fatiga	4%
TOTAL	13%

Fuente: elaboración propia.

Dentro de las demoras inevitables establecidas por la empresa, se encuentran:

- Desperfecto mecánico
- Falla en generador
- Falla en el material de extrusión
- Operario recibiendo instrucciones

- Calificación de la Actuación por Westinghouse: para identificar la eficiencia de un operador normal se toman en cuenta cuatro factores para evaluar su rendimiento, de esta manera se podrá fijar un tiempo estándar adecuado a la habilidad, esfuerzo o desempeño, condiciones y consistencia. Como se muestra a continuación:

1. Habilidad: destreza para seguir un método dado, se determina por su experiencia y aptitudes.
2. Esfuerzo o desempeño: demostración de la voluntad para trabajar con eficiencia.
3. Condiciones: son aquellas que afectan al operario y no a la operación, por ejemplo: luz, ventilación, ruido, temperatura.
4. Consistencia: Valor elementales de tiempo que se repiten constantemente.

Figura 20. Tabla de Calificación por Westinghouse

SISTEMA WESTINGHOUSE

<u>HABILIDAD</u>			<u>ESFUERZO</u>		
+ 0.15	A1	Extrema	+ 0.13	A1	Excesivo
+ 0.13	A2	Extrema	+ 0.12	A2	Excesivo
+ 0.11	B1	Excelente	+ 0.10	B1	Excelente
+ 0.08	B2	Excelente	+ 0.08	B2	Excelente
+ 0.06	C1	Buena	+ 0.05	C1	Bueno
+ 0.03	C2	Buena	+ 0.02	C2	Bueno
0.00	D	Regular	0.00	D	Regular
- 0.05	E1	Aceptable	- 0.04	E1	Aceptable
- 0.10	E2	Aceptable	- 0.08	E2	Aceptable
- 0.16	F1	Deficiente	- 0.12	F1	Deficiente
- 0.22	F2	Deficiente	- 0.17	F2	Deficiente

<u>CONDICIONES</u>			<u>CONSISTENCIA</u>		
+ 0.06	A	Ideales	+ 0.04	A	Perfecta
+ 0.04	B	Excelentes	+ 0.03	B	Excelente
+ 0.02	C	Buenas	+ 0.01	C	Buena
0.00	D	Regulares	0.00	D	Regular
- 0.03	E	Aceptables	- 0.02	E	Aceptable
- 0.07	F	Deficientes	- 0.04	F	Deficiente

Fuente: www.monografias.com/

Figura 21. Calificaciones de desempeño para extrusión de tubo

CALIFICACIONES DE RENDIMIENTO POR ACTIVIDAD																													
OPERACIONES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
DESTREZA	0.03	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.08	0.08	0.06	0.00	0.06	0.06	0.03	0.00	0.06	0.06	0.06	0.06	-0.16	-0.16	0.03	-0.05	-0.2	0.06	0.06	0.03	0.06	0.08	0.08
ESFUERZO	0.02	0.05	0.05	0.05	0.00	0.05	0.05	0.05	0.02	0.02	0.02	0.02	0.05	0.02	0.08	0.08	0.08	0.08	0.00	-0.04	0.00	0.00	-0.04	0.05	0.08	0.02	0.02	0.05	0.05
CONDICIONES	-0.07	-0.07	-0.07	-0.07	-0.07	-0.07	-0.07	-0.07	-0.07	-0.07	-0.07	-0.07	-0.07	-0.07	-0.07	-0.07	-0.07	-0.07	-0.07	-0.07	-0.07	-0.07	-0.07	-0.07	-0.07	-0.07	-0.07	-0.07	-0.07
CONSISTENCIA	0.00	-0.020	0.01	-0.02	-0.02	0.01	-0.02	0.01	0.01	-0.02	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	-0.02	-0.02	0.01	0.01	-0.02	-0.02	-0.02	0.00	0.00	0.00	-0.02
TOTAL	-0.02	0.02	0.05	0.02	-0.03	0.05	0.04	0.07	0.02	-0.1	0.02	0.02	0.01	-0.04	0.08	0.08	0.08	0.08	-0.25	-0.29	-0.03	-0.11	-0.3	0.02	0.05	-0.02	0.01	0.06	0.04
CAV	0.98	1.02	1.05	1.02	0.97	1.05	1.04	1.07	1.02	0.93	1.02	1.02	1.01	0.96	1.08	1.08	1.08	1.08	0.75	0.71	0.97	0.89	0.71	1.02	1.05	0.98	1.01	1.06	1.04

Fuente: elaboración propia.

En la figura 21, se muestran las calificaciones de desempeño por cada actividad cronometrada para el ciclo de producción de un tubo (ver tabla 11). Dato que se utiliza para determinar el tiempo normal del operario.

Figura 22. Calificaciones de desempeño para extrusión de empaque

CALIFICACIONES DE RENDIMIENTO POR ACTIVIDAD																							
OPERACIONES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
DESTREZA	0.06	0.03	0.00	0.06	0.06	0.03	0.00	0.06	0.03	0.06	0.06	0.00	0.00	0.06	0.06	0.00	0.03	0.06	0.06	0.00	0.03	0.03	0.03
ESFUERZO	0.05	0.00	0.02	0.02	0.05	0.05	0.02	0.02	0.00	0.02	0.02	0.02	0.05	0.05	0.02	0.02	0.05	0.02	0.05	0.02	0.02	0.02	0.02
CONDICIONES	-0.07	-0.07	-0.07	-0.07	-0.07	-0.07	-0.07	-0.07	-0.07	-0.07	-0.07	-0.07	-0.07	-0.07	-0.07	-0.07	-0.07	-0.07	-0.07	-0.07	-0.07	-0.07	-0.07
CONSISTENCIA	0.00	-0.020	0.01	-0.02	-0.04	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00
TOTAL	0.04	-0.06	-0.04	-0.01	0.00	0.01	-0.05	0.02	-0.03	0.01	0.01	-0.05	-0.02	0.04	0.02	-0.05	0.01	0.01	0.05	-0.04	-0.01	-0.01	-0.02
CAV	1.04	0.94	0.96	0.99	1.00	1.01	0.95	1.02	0.97	1.01	1.01	0.95	0.98	1.04	1.02	0.95	1.01	1.01	1.05	0.96	0.99	0.99	0.98

Fuente: elaboración propia.

En la figura 22, se muestran las calificaciones de desempeño por cada actividad cronometrada para el ciclo de producción de empaque (ver tabla 12). Dato que se utiliza para determinar el tiempo normal del operario.

Con los tiempos mostrados en la tabla 8, se llevó a cabo el cálculo de los tiempos normales para producir un tubo de 3 pulgadas, estos permitirán determinar el tiempo estándar para extrusión de tubo, así como brindar información importante para analizar la productividad actual.

Tabla 11. Tiempos estándar para la extrusión de tubo

No.	Elementos del proceso de extrusión de tubería	TP	%CAV	TN	Tolerancia	TS
1	Transportar dados a extrusora	0.006	0.98	0.006	13%	0.006
2	Armar cabezal de extrusora	0.033	1.02	0.033	13%	0.037
3	Instalar dado extrusor	0.122	1.05	0.128	13%	0.145
4	Verificar que el dado esté centrado	0.007	1.02	0.007	13%	0.008
5	Iniciar el calentamiento de extrusora	0.003	0.97	0.003	13%	0.003
6	Transportar tren formador	0.005	1.05	0.005	13%	0.006
7	Instalar y centrar tren formador	0.130	1.04	0.135	13%	0.153
8	Conectar mangueras de succión y agua	0.055	1.07	0.059	13%	0.067
9	Ajustar Oruga	0.091	1.02	0.093	13%	0.105
10	Pesar cada elemento de la fórmula	0.014	0.93	0.013	13%	0.014
11	Verificar medidas de fórmula	0.003	1.02	0.003	13%	0.003
12	Agregar los elementos a tolva	0.002	1.02	0.002	13%	0.003
13	Mezclar ligeramente la fórmula	0.002	1.01	0.002	13%	0.002
14	Empujar el material por tornillo transportador	0.005	0.96	0.005	13%	0.006
15	Verificar que no queden residuos	0.001	1.08	0.002	13%	0.002
16	Programar Calentadora a 100°C	0.003	1.08	0.004	13%	0.004
17	Programar Enfriadora a 40°C	0.002	1.08	0.002	13%	0.002
18	Activar alimentación	0.002	1.08	0.002	13%	0.002
19	Calentamiento	0.303	0.75	0.227	13%	0.257
20	Demora por temperatura	0.207	0.71	0.147	13%	0.166
21	Poner en marcha extrusora	0.016	0.97	0.015	13%	0.017
22	Introducir material caliente a tren formador	0.229	0.89	0.204	13%	0.231
23	Estabilizar material	0.223	0.71	0.159	13%	0.179
24	Verificar temperaturas	0.003	1.02	0.003	13%	0.003
25	Extrusión de tubo	3.159	1.05	3.317	13%	3.748
26	Jalar material por tanque de enfriamiento	0.020	0.98	0.020	13%	0.023
27	Introducir material enfriado a oruga	0.019	1.01	0.020	13%	0.022
28	Trasladar tubo a copla	0.001	1.06	0.001	13%	0.001
29	Elaborar copla	0.006	1.04	0.006	13%	0.007
Tiempo total por ciclo		4.67		4.62		5.22

Fuente: elaboración propia.

Con base a los datos proporcionados por las tablas 9 y 10, se llevó a cabo el cálculo de tiempo estándar para el proceso de extrusión de empaque, esto nos brinda información importante para analizar mejoras en la producción.

Tabla 12. Tiempo estándar para la extrusión de empaque

No.	Elementos del proceso de extrusión de empaque	TP	%CAV	TN	%Tol	TS
1	Trasladar dado a extrusora	0.03	1.04	0.04	13%	0.04
2	Armar cabezal de extrusora	0.20	0.94	0.18	13%	0.21
3	Limpiar dado extrusor	0.33	0.96	0.32	13%	0.36
4	Verificar que el dado no esté tapado	0.07	0.99	0.07	13%	0.08
5	Instalar dado extrusor	0.23	1.00	0.23	13%	0.26
6	Iniciar el calentamiento de extrusora	0.02	1.01	0.02	13%	0.02
7	Demora por calentamiento	1.03	0.95	0.98	13%	1.11
8	Trasladar material a triturado	0.05	1.02	0.05	13%	0.06
9	Triturar material reciclado	0.40	0.97	0.39	13%	0.44
10	Llenar sacos de material triturado	0.07	1.01	0.07	13%	0.08
11	Agregar colorante Negro a material	0.02	1.01	0.02	13%	0.02
12	Verter material en tolva de alimentación	0.02	0.95	0.02	13%	0.02
13	Ingresar especificaciones técnicas	0.04	0.98	0.04	13%	0.05
14	Jalar el material por tanque de enfriamiento	0.04	1.04	0.04	13%	0.05
15	Colocar recipiente de empaque	0.01	1.02	0.02	13%	0.02
16	Extrusión de 270 metros de empaque	27.64	0.95	26.26	13%	29.67
17	Pesar caja hasta llegar a 24.40lb	0.04	1.01	0.04	13%	0.04
18	Verificar peso de caja	0.03	1.01	0.03	13%	0.04
19	Cortar empaque	0.01	1.05	0.01	13%	0.01
20	Enrollar empaque en araña metálica	0.11	0.96	0.11	13%	0.12
21	Desprender rollo de araña metálica	0.02	0.99	0.02	13%	0.03
22	Empacar rollo	0.10	0.99	0.10	13%	0.12
23	Transportar a almacén de empaque	0.05	0.98	0.04	13%	0.05
TOTALES		30.57		29.10		32.88

Fuente: elaboración propia.

3.2.7. Indicadores de productividad

Para la elaboración de tubo y empaque se cuenta con un equipo de 3 y 2 personas respectivamente, las cuales laboran en turnos de 12 horas/día, la producción diaria analizada es de 157 tubos y 29 rollos de empaque, con esto se proceden a calcular los índices de productividad.

Tabla 13. Datos de producción actual

Producto	No. Empleados	Horas trabajadas	Unidades/día
Tubería	3	12	157
Empaque	2	12	29

Fuente: elaboración propia.

Para el cálculo de la productividad laboral real de los procesos de extrusión de tubería y empaque, se hará uso de la fórmula establecida en la figura 23, esta dará como resultado el rendimiento de las horas-hombre respecto al número de unidades producidas.

Figura 23. Fórmula para la productividad laboral

$$\text{Productividad laboral real} = \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Horas hombre empleadas}}$$

Fuente: García, R. 2011.

Mediante los datos obtenidos durante las jornadas de trabajo en la planta de producción y la fórmula mostrada con anterioridad, se determina la productividad real, basada en las horas-hombre trabajadas.

Figura 24. Productividad real para extrusión de tubería y empaque

$ \begin{aligned} \text{PRTubo} &= \frac{157 \text{ tubos/día}}{12 \frac{\text{horas}}{\text{día}} \times 3 \text{ hombre}} \\ &= 4.36 \frac{\text{tubo}}{\text{horas/hombre}} \end{aligned} $	$ \begin{aligned} \text{PREmpaque} &= \frac{29 \text{ rollos/día}}{12 \frac{\text{horas}}{\text{día}} \times 2 \text{ hombre}} \\ &= 1.21 \frac{\text{rollos}}{\text{horas/hombre}} \end{aligned} $
---	--

Fuente: elaboración propia.

La figura 24, muestra los resultados de la productividad actual de la empresa, mediante la producción diaria promedio, determinando que se requiere de 1 hora/hombre para producir 4.36 tubos y 1.21 rollos de empaque, basado en los datos presentados en la tabla 13.

Figura 25. Fórmula de productividad

Productividad = Eficiencia × Eficacia

$$\text{IP} = \frac{\text{Tiempo real}}{\text{Tiempo disponible}} * \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Unidades planificadas}} \times 100\%$$

Fuente: Sumanth, D. 1999.

Figura 26. Índice de productividad para extrusión de tubería y empaque

$ \begin{aligned} \text{IPtubería} &= \frac{13.66 \text{ horas}}{24 \text{ horas}} \\ &\quad * \frac{157 \text{ tubos}}{275.86 \text{ tubos}} \\ &= 0.32 \times 100 = 32\% \end{aligned} $	$ \begin{aligned} \text{IPempaque} &= \frac{12.06 \text{ horas}}{24 \text{ horas}} \\ &\quad * \frac{29 \text{ rollos}}{87.59 \text{ rollos}} \\ &= 0.16 \times 100 = 16\% \end{aligned} $
--	--

Fuente: elaboración propia.

En la figura 26 se muestran los índices de productividad basados en las horas efectivas para producir 157 tubos, por lo que se calculan de la siguiente forma:

$$157 \text{ unidades} \times \frac{5.22 \text{ min}}{1 \text{ unidad}} \times \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ min}} = \mathbf{13.66 \text{ horas.}}$$

Esto en función de lo esperado, ya que se trabajan las 24 horas/día, la producción planificada debe ser:

$$24 \text{ horas} \times \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hora}} \times \frac{1 \text{ unidad}}{5.22 \text{ min}} = \mathbf{275.88 \text{ tubos}}$$

Para la producción de empaque se tienen 2 máquinas sin embargo debido al sobrecargo de energía, la segunda máquina se aprovecha en 50% del tiempo, por lo que para producir 29 rollos se obtienen los siguientes tiempos

$$\mathbf{MAQ2:} \ 14 \text{ rollos} \times \frac{32.88 \text{ min}}{60 \text{ min}} = 7.67 \text{ horas} \div 2 \text{ máquinas} = \mathbf{3.836 \text{ horas}}$$

$$\mathbf{MAQ1:} \ 15 \text{ rollos} \times \frac{32.88 \text{ min}}{60 \text{ min}} = 8.22 \text{ horas} + 3.836 \text{ horas} = \mathbf{12.06 \text{ horas}}$$

Para las horas disponibles ya que se espera un aprovechamiento de las 24 horas, las unidades planificadas son:

$$24 \text{ horas} \times \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hora}} \times \frac{1 \text{ unidad}}{32.88 \text{ min}} = 43.80 \times 2 \text{ máquinas} = \mathbf{87.59 \text{ rollos}}$$

Según los cálculos de productividad demostrados en la figura 26, el 32% obtenido para el proceso de tubería indica que la producción no está siendo tan efectiva como se esperaba, las horas trabajadas son muchas y la cantidad de productos elaborados es mínima al contar con una demanda de 1000 unidades semanales.

Con los datos mostrados se obtiene un ritmo de 11.5 tubos/hora. El retraso en los procesos productivos afecta en gran manera el rendimiento de la misma, así como la falta de especificaciones de formulación, aspectos que provocan que el producto no pueda ser estabilizado con prontitud, por ello es importante analizar soluciones que permitan la efectividad de los procesos.

En la producción de empaque su rendimiento da un resultado de 16% el cual está muy por debajo de la media manejando un ritmo de fabricación de 1.82 rollos/hora por lo que es importante que se analicen oportunidades de mejora.

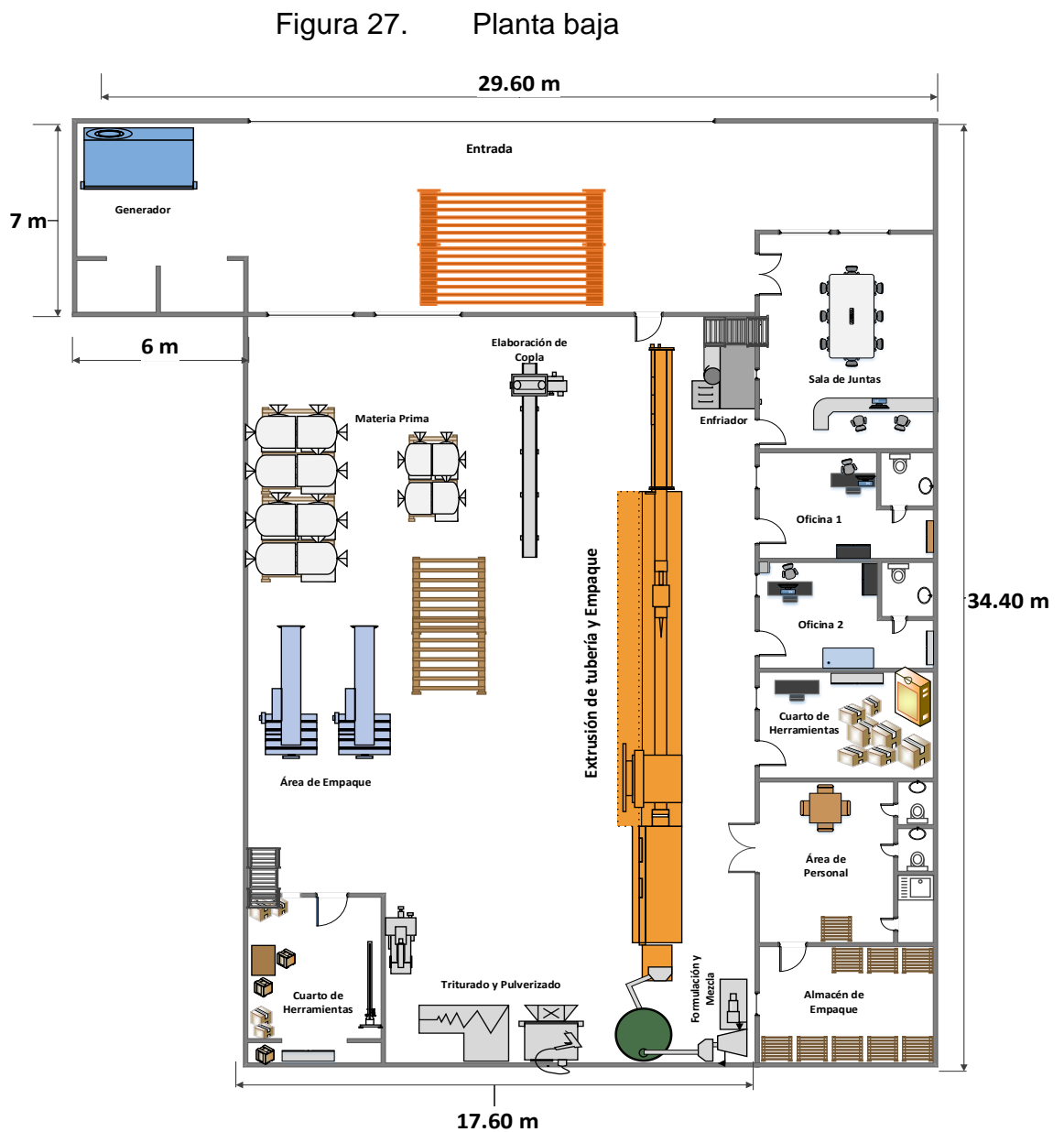
3.3. Condiciones Actuales de la planta

El actual desempeño de la planta de producción es bajo, como se muestra en la figura 26, esto demuestra que es necesario realizar modificaciones en la técnica de producción improvisada que hasta ahora se desarrolla dentro de la empresa; por una producción bien estructurada en la que se pueda optimizar el tiempo y asignación de las operaciones. La distribución dentro de la planta es un factor determinante para el buen rendimiento de los operarios y la libertad para realizar sus funciones, sin embargo, actualmente el desperdicio limita la realización eficiente de las actividades productivas, ya que se encuentra esparcido por toda la planta.

El área de triturado y pulverizado está ubicado entre el proceso de extrusión de tubería y empaque, dicha maquinaria genera una intensidad sonora de 90 decibeles, sin contar el ruido provocado por las extrusoras, factor que al estar expuesto 12 horas/día provoca daños en el personal y fatiga temprana, así como la mala distribución de herramientas y materiales que dificultan la práctica de nuevos métodos que permitan aumentar el índice de eficiencia, pues tener un índice muy bajo representa gran pérdida de capital.

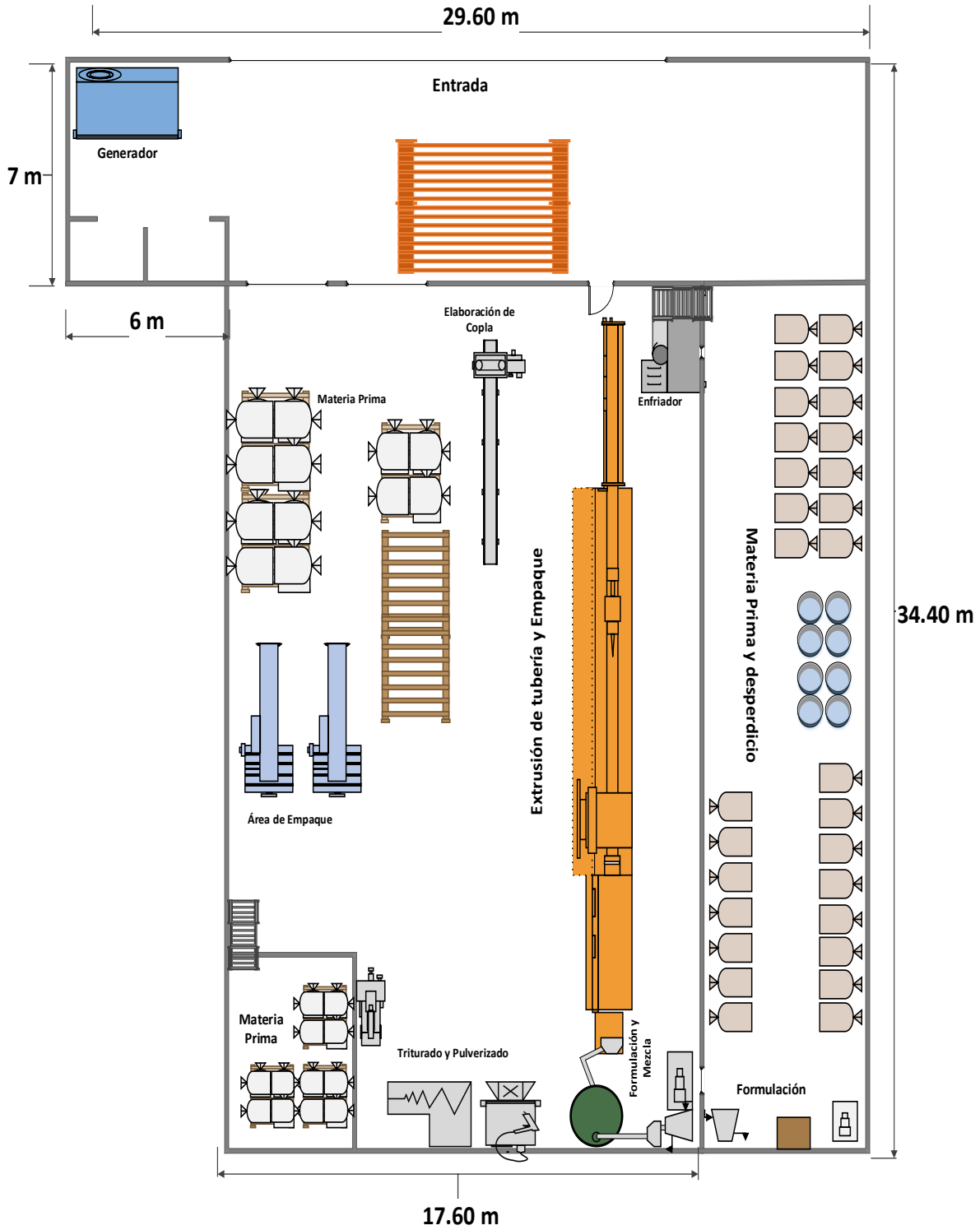
3.3.1. Distribución de maquinaria

A continuación, en las figuras 27 y 28, se muestran los planos de ambas plantas de la fábrica, con el fin de mostrar las dimensiones de las diferentes áreas ya mencionadas y la distribución actual de maquinaria y materiales dentro de las instalaciones.



Fuente: elaboración propia.

Figura 28. Planta alta



Fuente: elaboración propia.

Tabla 14. Diagnóstico de la distribución en planta

DIAGNÓSTICO DE LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA	
Maquinaria y Equipo	<p>En la figura 27 se muestra la distribución en la planta baja de la fábrica, se puede apreciar que la materia prima no se almacena en un lugar específico solo es colocada en los alrededores de la planta.</p> <p>Se cuenta con dos cuartos de herramientas, ambos suelen estar desordenados, sucios y con acumulación de desperdicio, no fueron asignados o clasificados en base a los productos, los materiales y equipo se encuentran dispersos y oxidados por la falta de mantenimiento.</p> <p>La ubicación de la trituradora y pulverizadora son factores que perjudican el bienestar de los operadores ya que el ruido que emiten es aproximadamente de 95 decibeles sin mencionar que la cantidad de polvo y residuos que emiten perjudican al momento de la producción de tubería, ya que las partículas del ambiente caen sobre la resina virgen.</p> <p>El equipo de enfriamiento se encuentra al otro extremo, haciendo que el operario tenga que recorrer la planta para activar el sistema de agua.</p> <p>Las extrusoras de empaque están encajonadas por la materia prima y el producto terminado de tubo, lo cual hace reducido el espacio para trabajar adecuadamente.</p>

Fuente: elaboración propia.

3.4. Herramientas de diagnóstico

Un diagnóstico no presenta soluciones a problemas, sin embargo, brinda indicios de posibles amenazas, así como fortalezas y oportunidades de mejorar el estado de una empresa, por lo tanto, las herramientas de diagnóstico permiten conocer el clima organizacional empresarial enfocado en sus áreas con mayor problemática.

3.4.1. Diagrama de Pareto

En las siguientes tablas se muestran en orden prioritario las diferentes limitantes que presenta la producción, estableciendo las causas que representan la mayor cantidad de efectos perjudiciales en los procesos productivos. Por lo que se realizó una Muestra basada en 200 problemas registrados en la producción, durante el ejercicio profesional supervisado de 6 meses en turnos de 12 horas, 6 días a la semana.

Tabla 15. Limitantes en la producción

No.	Razones que dificultan el desarrollo de la producción	Frecuencia
1.	Formulación	36
2.	Método empleado	28
3.	Mano de obra no calificada	15
4.	Mantenimiento de Maquinaria	21
5.	Funcionamiento inestable de Maquinaria	47

Fuente: elaboración propia.

Como se muestra anteriormente en la tabla 15, las frecuencias, ejemplifican la cantidad de veces en la que cada una de las causas o limitantes, genera un problema en el proceso de producción de tubo y empaque, esto permitirá determinar el porcentaje de frecuencia por causa, el cual se obtiene dividiendo cada una de las frecuencias dentro de la sumatoria total de causas analizadas.

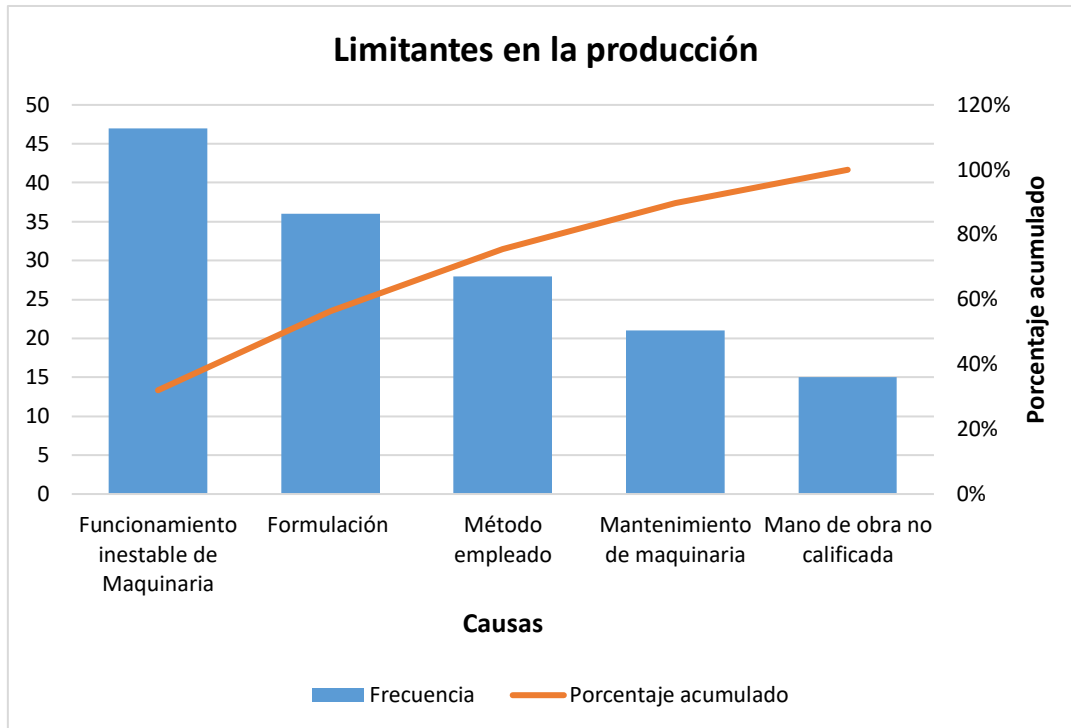
Luego se determina el porcentaje acumulado, dato importante para determinar la causa que mayor impacto genera en el proceso, que es la suma de las frecuencias anteriores incluyendo la frecuencia de la causa que se analiza, tal como se muestra en la tabla 16.

Tabla 16. Frecuencia y porcentaje acumulado

No.	Causas que dificultan el desarrollo de la producción	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje acumulado
1.	Funcionamiento inestable de Maquinaria	47	$47/147 = 32\%$	32%
2.	Formulación	36	$36/147 = 24\%$	56%
3.	Método empleado	28	$28/147 = 19\%$	76%
4.	Mantenimiento de Maquinaria	21	$21/147 = 14\%$	90%
5.	Mano de obra no calificada	15	$15/147 = 10\%$	100%
TOTAL		147		

Fuente: elaboración propia

Gráfico 1. Diagrama de Pareto para los limitantes en la producción



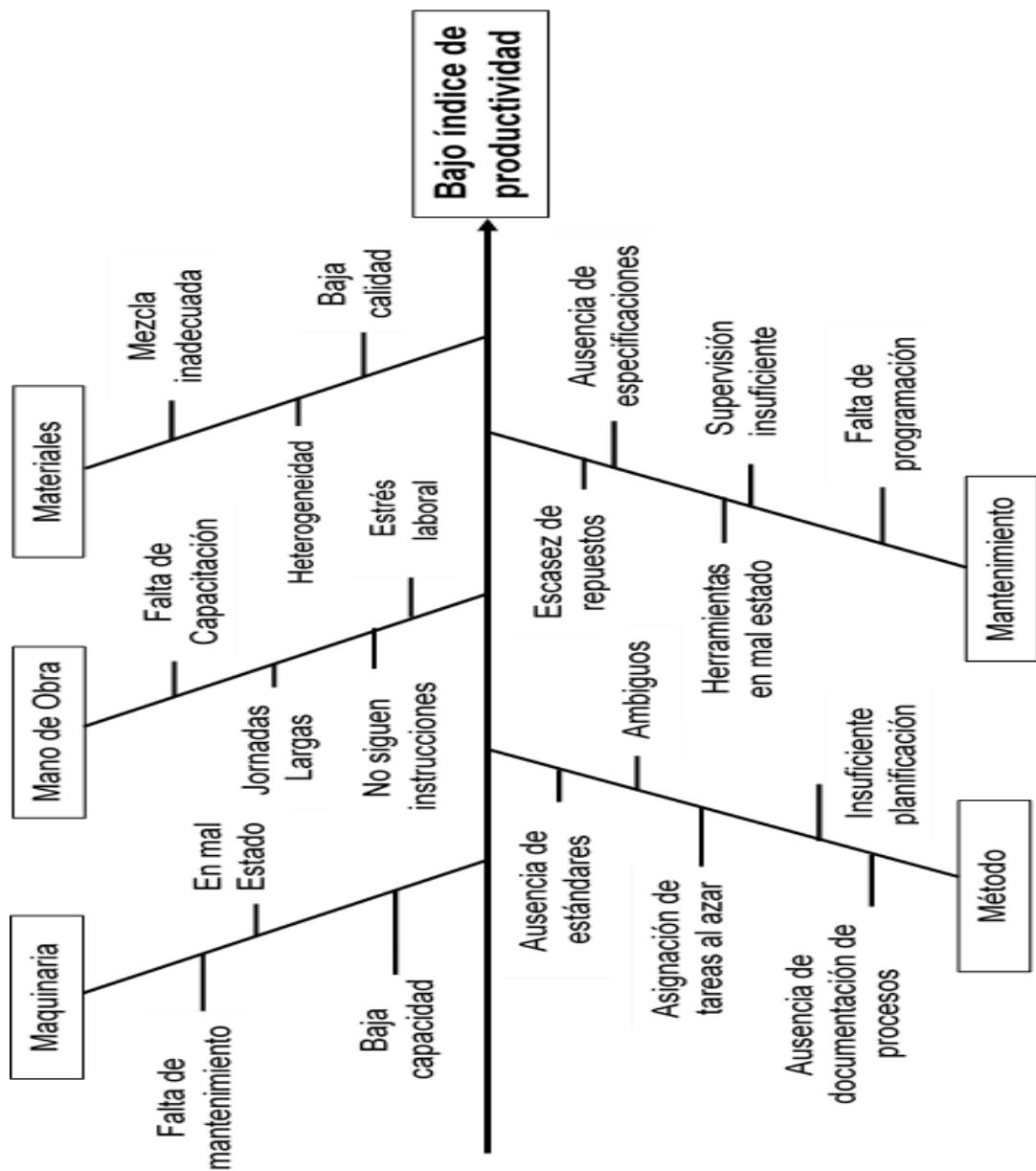
Fuente: elaboración propia.

Según el diagrama de Pareto expuesto anteriormente, se determina que el 80% de las limitaciones presentadas, se deben al método empleado por la empresa, la formulación y el funcionamiento inestable de la maquinaria, causas que afectan la productividad, sin embargo la mano de obra es un factor necesario de controlar en cada uno de estos aspectos con anterioridad, es importante analizar el funcionamiento de la maquinaria, ya que es uno de los limitantes que generan mayor costo y pérdida de tiempo, actualmente se lleva a cabo de manera correctiva y no preventiva; como debería de ser para evitar mayores daños

3.4.2. Diagrama Causas y Efectos

En este apartado son plasmados los resultados obtenidos de la aplicación del diagrama Ishikawa en el desarrollo del diagnóstico de los procesos productivos de la empresa.

Figura 29. Diagrama Ishikawa



Fuente: elaboración propia.

Análisis de Diagrama Ishikawa

Con base al diagnóstico realizado en el área productiva de la empresa, se observaron diferentes circunstancias que retrasan o afectan al desempeño de la producción, por lo tanto, se estableció como problema principal el bajo índice de productividad, debido a que cada uno de los limitantes ha aportado para que los procesos productivos decaigan en efectividad.

Tabla 17. Hallazgos de diagrama Ishikawa

Análisis diagrama Ishikawa	
Maquinaria y Materiales	Esta sección se basa en todo recurso material utilizado para la producción, por lo que la falta de mantenimiento, baja capacidad y el mal estado de la maquinaria/materiales han sido causas evidentes del déficit en el proceso, por otro lado se determinó que los materiales utilizados para la formulación no son los adecuados o no son utilizados correctamente.
Mano de Obra	Se determinó que la falta de capacitación es uno de los muchos problemas que evita el incremento de la productividad, los trabajadores tienen jornadas largas de trabajo en donde no son instruidos adecuadamente, causando que sean desordenados y no entiendan con exactitud las instrucciones.
Método	Ya que se analizan los procesos es importante recalcar el método desarrollado por la empresa, identificando muchas deficiencias en la ambigüedad de su práctica, la ausencia de documentación de métodos y estándares que permitirían un mejor desempeño para el personal.
Mantenimiento	Observando parte de las herramientas, materiales y maquinaria, este apartado se enfoca en el manejo y supervisión de los mismos, por lo que es notable que la ausencia de especificaciones técnicas, mantenimiento preventivo es de las muchas faltas que ocasionan una baja productividad.

Fuente: elaboración propia.

4. ESTANDARIZACIÓN DE PROCESOS DE EXTRUSIÓN

4.1. Mejoras del proceso de extrusión para tubería y empaque

Se plantea la definición de estándares para la mejora de los procesos productivos, el manejo adecuado de todas las máquinas y la optimización del tiempo de operación, para el proceso de elaboración de tubería y empaque a base de PVC, mediante el seguimiento de los lineamientos planteados en esta parte.

4.1.1. Lineamientos generales

Al haber identificado todas las actividades requeridas para el proceso de extrusión de tubería y empaque, representadas en el diagnóstico, es importante la implementación de nuevos parámetros que permitan lograr mejoras significativas en el desempeño del operario como en la efectividad de la producción, para ello se describirán procedimientos y estándares de tiempo que el área de producción deberá de seguir.

Para la empresa, documentar hace más importante, precisa y oportuna la información. La mayor parte del material escrito; resultado del estudio realizado, en ocasiones no puede ser leído o comprendido fácilmente, sin embargo, las figuras, gráficos y tablas ayudan a la interpretación del resultado deseado en los procesos productivos. Es responsabilidad del encargado de producción, asegurarse de que la información o datos establecidos, correspondan a la realidad operativa y estén de acuerdo con la estructura organizacional de la empresa.

- **Formulación:** el encargado de producción debe entregar al operario encargado un tablero con las fichas de control de fórmula junto con las especificaciones necesarias de cada material a utilizar, ya que se tiene toda la documentación, el operario procede a ordenar las materias ya pesadas, verificando que la consistencia y la calidad se mantienen, teniendo todas las cantidades listas se agregan a la tolva de la calentadora, es importante que no quede material atascado.

Cualquier cambio y efecto en la formulación debe ser anotado en las fichas de control, ya que todo el material se encuentra en la calentadora se programa a 100°C, mientras tanto el operario deberá ordenar la nueva formulación y limpiar su área de trabajo cada vez que realiza una nueva fórmula, esto permitirá menos contaminación del material, así como del ambiente en general.

Cuando el material llega a la temperatura programada se activa la enfriadora a 40°C, mientras tanto, el operario agrega la nueva formulación a la tolva de alimentación, manteniendo así el ciclo, ya que se enfría la mezcla, es liberada en un tanque de reposo, sin embargo, debido a que el silo ha provocado problema cuando se realizan cambios de color en el material, este es utilizado para tubería blanca, por lo que para el tubo ducto naranja de 3 pulgadas el operario debe llenar nuevos sacos con fórmula del tanque de reposo y agregarlos manualmente a la tolva de alimentación de la máquina extrusora.

La materia prima para empaque no requiere de un proceso laborioso como el de tubo, el pvc flexible solo requiere de colorante y dicho colorante depende de las especificaciones dadas por el cliente. En la producción de empaque el 50% es realizado con material que no cumple las especificaciones de peso o longitud, afectando al producto.

- Extrusión: de la misma manera para todos los procesos el encargado de producción entrega un tablero con las fichas de control correspondientes para el proceso de extrusión de tubo y empaque, cada encargado de maquinaria debe contar con sus propias herramientas y la superficie adaptada para trabajar en la adaptación de los cabezales.

El encargado de la extrusora para tubería y el encargado de extrusora de empaque son los responsables de brindar mantenimiento constante a todos los elementos de la maquinaria, tales como: cabezales, dados, resistencias, mangueras y demás, por lo que ya no es permitido colocar partes que no se encuentren en las condiciones adecuadas, ya que se tienen listos todos los materiales, se instala por completo la parte del cabezal, este debe ajustarse correctamente a manera de evitar las fugas de material.

Seguido de la instalación del dado, deben asegurarse de centrarlo de manera precisa, esto para que las dimensiones del tubo sean uniformes. A diferencia del proceso de tubo, el dado para extrusión de empaque no necesita calibrarse, sin embargo, es necesario que al finalizar su producción se retire por completo el material caliente de la boquilla, ya que esto provoca que el empaque se tape por completo.

Para el área de formación y enfriamiento, es importante que las medidas sean exactas y la distancia del cabezal al tren formador sea recta, ya que esto genera defectos en la estabilización, mientras se estabiliza el material, es necesario que el operario cuente con su equipo de seguridad, si no obedece se procede a ser amonestado.

El tren de formación inicia con una placa del diámetro del tubo a producir, este va creando la forma cilíndrica, mientras que avanza por el área de enfriamiento, en donde la temperatura del agua llega a los 10°C, en esta parte el material extruido se solidifica. Para este tipo de procesos, los encargados de maquinaria cuentan con la ayuda de un operario auxiliar, dicho operario está capacitado para colaborar en las diferentes áreas de producción.

Para el área de empaque, no se lleva a cabo estabilización del material, debido al tamaño y a la cantidad, el proceso es más rápido y estable sin embargo es importante verificar que el material no presente grumos o que el orificio del empaque no se encuentre tapado.

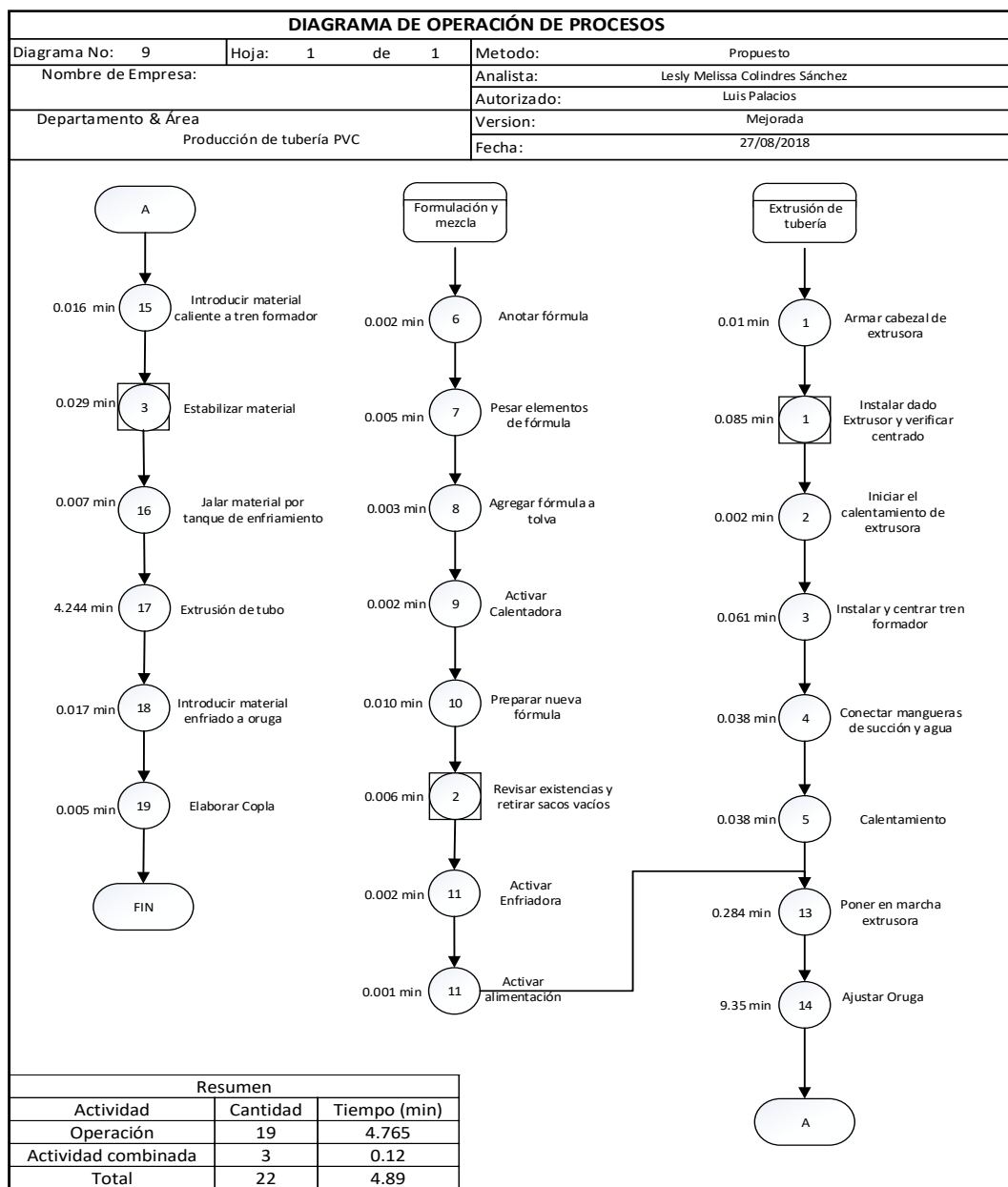
Mientras se estabiliza el tubo el operario debe jalar el primer material extruido hasta la oruga, esta se encarga de transportar el material al área de corte, presionando el tubo para mantener su uniformidad, al llegar a esta etapa ya no es necesaria la intervención del operario en el material, solo de transportar el producto terminado o desperdicio, así como de supervisar cualquier anomalía que se presenta a manera de evitar el reinicio del proceso.

- Copla: ya que el tubo tiene las condiciones ideales el encargado de copla, coloca el tubo en la superficie de la máquina e introduce un extremo sobre la pistola de aire caliente, el operario gira manualmente el tubo para calentar uniformemente las paredes del material, ya que el material llegó a la temperatura ideal para moldearse, se acciona la punta encargada de marcar el diámetro de la copla, al ser introducida en el extremo del tubo, el operario activa el compresor y enfría hasta que la forma se encuentra rígida.

4.1.2. Diagramas de operación de procesos mejorados

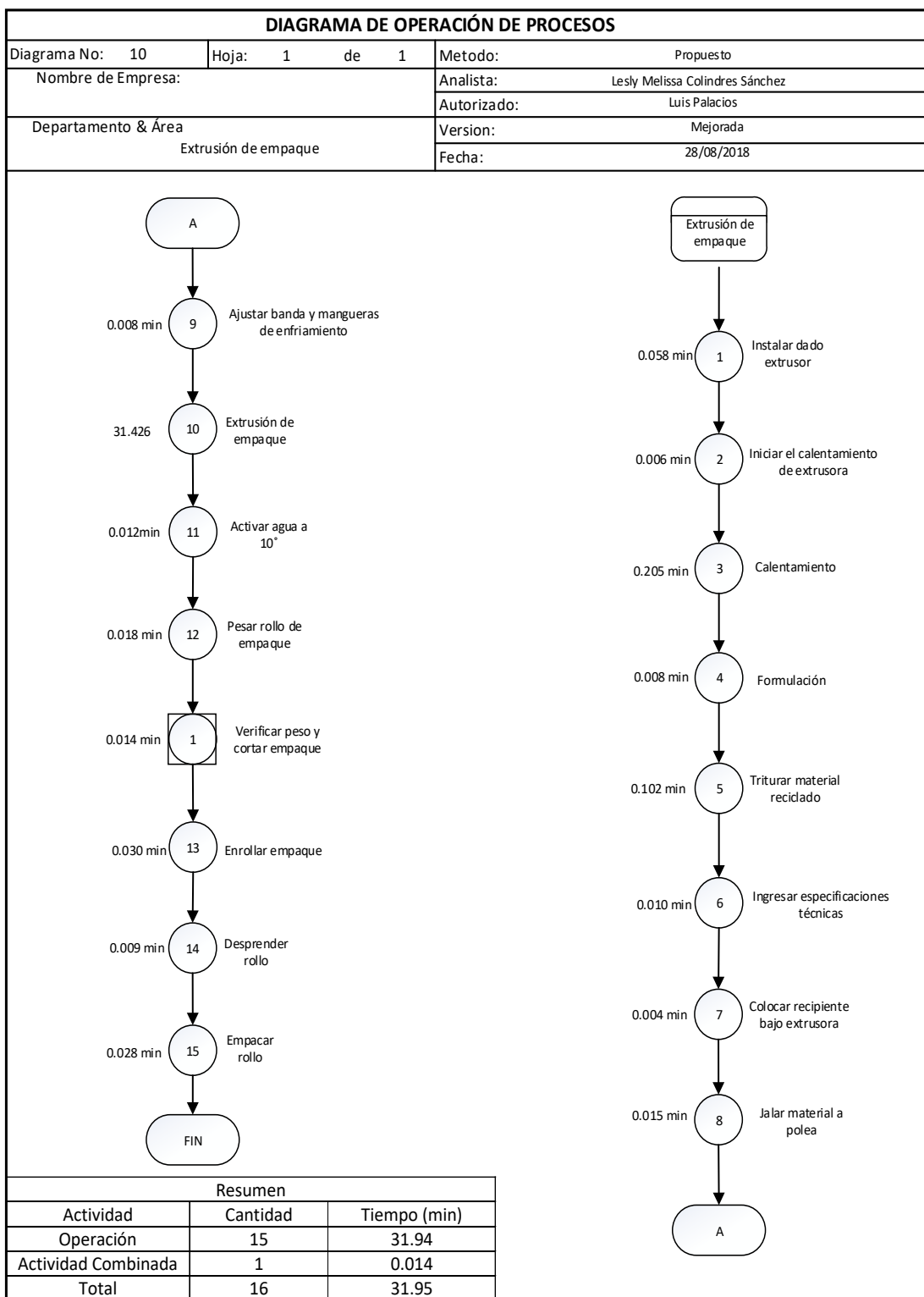
En esta sección se presentan los diagramas propuestos para los procesos de tubería y empaque, por medio de ellos se busca la estandarización de los ciclos productivos, de esta manera se podrán fijar metas de producción y programaciones con base a los tiempos asignados.

Figura 30. Diagrama de operación de procesos propuesto para tubo



Fuente: elaboración propia.

Figura 31. Diagrama de operación de procesos propuesto para empaque



Fuente: elaboración propia.

Tabla 18. Mejoras en diagramas de procesos

PROPUESTA DE DIAGRAMAS DE OPERACIÓN	
Tubería	<p>El diagrama de operaciones de la figura 30 muestra las mejoras determinadas para el proceso de extrusión de tubo entre las cuales están:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se reducen los retrasos por calentamiento, ya que se manejó un control del desempeño del operario se determinó que parte del retraso se debía al descuido de los encargados de maquinaria. • La distribución adecuada de materiales y maquinaria crea facilidad de desplazamiento y una mejora en el desempeño del operario, por lo que su calificación de desempeño aumentó. • Se reducen inspecciones, esto debido a la motivación de un mantenimiento preventivo de los materiales, es decir, no se puede empezar a producir si no se encuentra en el estado adecuado. • El tiempo de operación para producir 1 tubo de 3 pulgadas es de 4.53 minutos.
Empaque	<p>Debido a las deficiencias manifestadas en la producción, se llevaron a cabo estrategias de mejora para los procesos, como se muestra en la figura 31.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se redujeron operaciones y demoras que solo retrasaban el proceso de extrusión, como la limpieza de dados, esta se hacía hasta que se utilizaran nuevamente, sin embargo, se les explicó que al terminar de utilizar cada dado extrusor debe estar totalmente limpio para el nuevo ciclo. • Se eliminan inspecciones ya que se busca optimizar el tiempo, es importante que se realicen en conjunto con operaciones necesarias. • Con los cambios realizados en las actividades de extrusión, el tiempo de operación para elaborar 1 rollo de empaque batiente es de 31.57 minutos.

Fuente: elaboración propia.

4.1.3. Incremento de mejora

Para analizar el impacto de la propuesta en los procesos productivos, se detallan las actividades y estrategias utilizadas para la reducción del tiempo ocioso en la producción de tubería y empaque.

- Tubería: En las figuras 30 y 31, se describen gráficamente la secuencia de actividades que se espera disminuyan los retrasos en productividad, como lo son: la búsqueda de herramientas y materiales, movimientos repetitivos e inseguros, desorden en los recorridos y en las operaciones realizadas, por lo que se obtiene un 6.32% de disminución en el tiempo del proceso operacional de extrusión de tubería, percibiendo así un aumento en la eficiencia de la producción.

$$\%Reducción = \frac{\text{Tiempo actual} - \text{Tiempo Mejorado} \times 100}{\text{Tiempo Actual}} =$$

$$\frac{(5.22 \text{ min} - 4.90 \text{ min}) \times 100}{5.22 \text{ min}} = 6.13\%$$

- Empaque: Mediante una constante calificación del desempeño, funciones e instrucciones claras y mejoras en las condiciones de trabajo, el operador puede organizar sus movimientos y optimizar sus tiempos basado en los estándares por ciclo presentados en la propuesta. Al enfocarse en la limpieza preventiva de herramientas y maquinaria, se muestra una reducción de tiempo de 2.83% en los tiempos de producción de empaque.

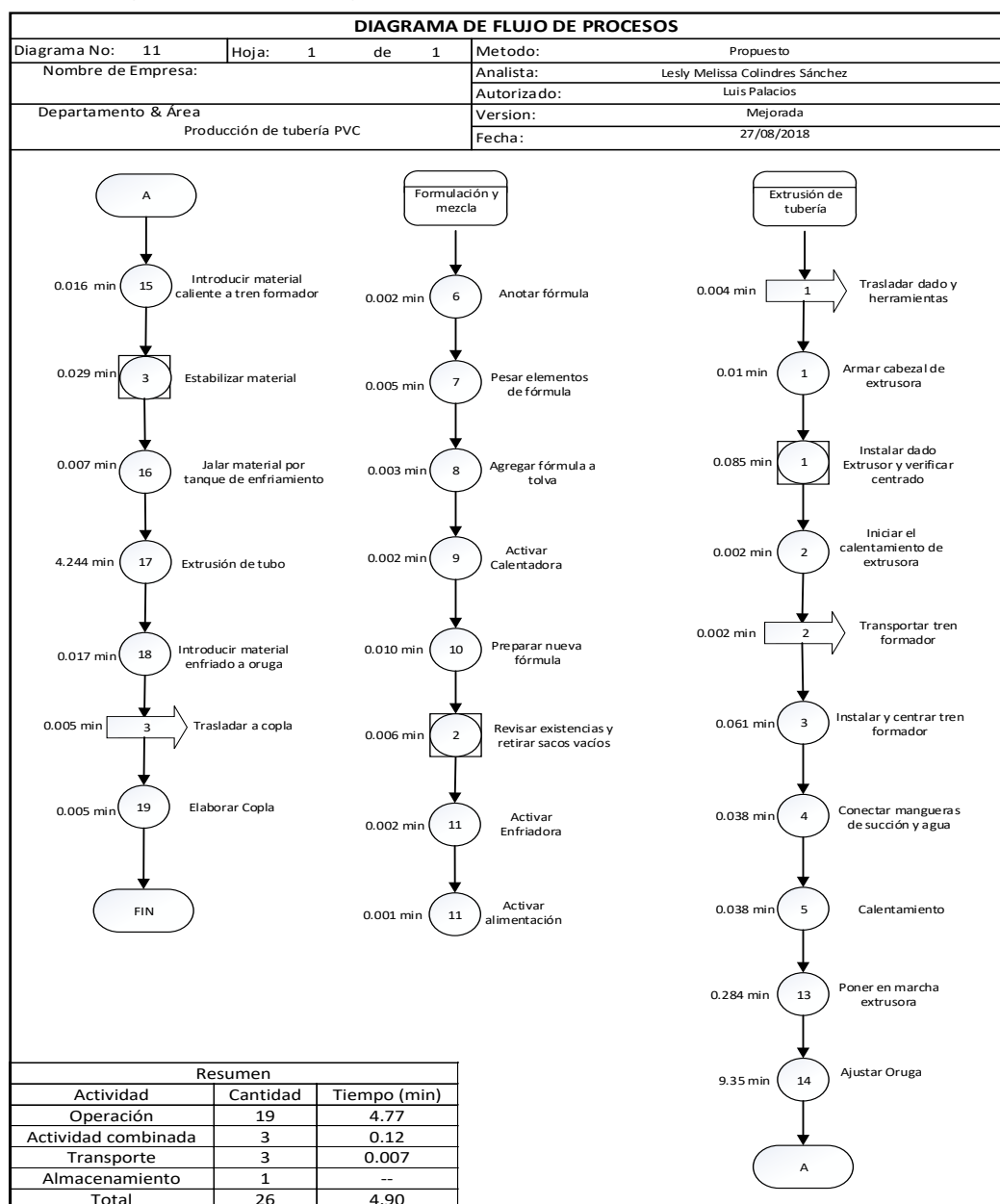
$$\%Reducción = \frac{\text{Tiempo actual} - \text{Tiempo Mejorado} \times 100}{\text{Tiempo Actual}} =$$

$$\frac{(32.88 \text{ min} - 31.99) \times 100}{32.88 \text{ min}} = 2.71\%$$

4.1.4. Diagramas de flujo de procesos mejorados

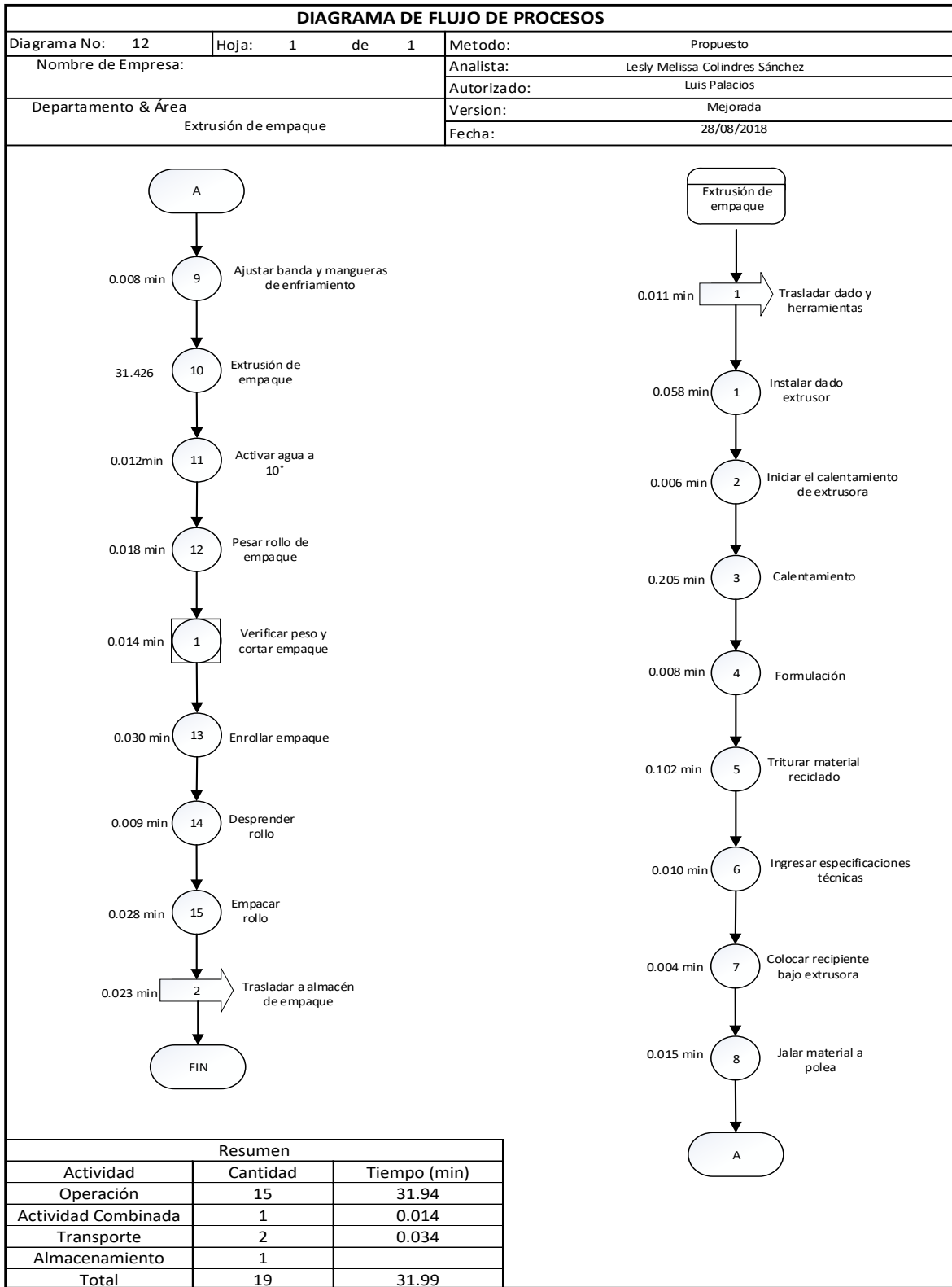
En las figuras 32 y 33, se muestra el flujo total propuesto para el ciclo de producción de tubería y empaque, mostrando que por medio de la determinación de estándares las demoras por estabilización de material se reducen, permitiendo incrementar su productividad.

Figura 32. Diagrama de flujo de procesos para tubo



Fuente: elaboración propia.

Figura 33. Diagrama de flujo de procesos propuesto para empaque



Fuente: elaboración propia.

Tabla 19. Mejoras en diagramas de flujo de procesos

PROPUESTA PARA DIAGRAMAS DE FLUJO	
Tubería	<p>Se estimaron tiempos basados en un proceso normal y eficiente, por lo que el nuevo ciclo de trabajo es de 4 minutos con 54 segundos, ya que la mayor cantidad de retrasos en la producción se debía a la falta de parámetros para la estabilización del material y al mal desempeño de los operarios, por lo que se propone un ambiente de trabajo adecuado para que su rendimiento sea eficiente, adecuando las plataformas de trabajo.</p> <p>Fueron eliminadas operaciones e inspecciones que no hacían provechoso el tiempo de extrusión, por lo que se analizaron operaciones combinadas en las cuales el operador no pierde su flujo de trabajo. El proceso de extrusión se redujo en un 6.13% como se aprecia en la siguiente fórmula.</p> $Red = \frac{(5.22min - 4.90 min) \times 100}{5.22 min} = 6.13\%$
Empaque	<p>Se redujeron operaciones e inspecciones que el operario realizaba innecesariamente, las cuales se consideraron innecesarias, el diagrama propuesto se basa en tiempos ideales para el proceso de empaque, por lo que el tiempo de extrusión se redujo en un 2.71% con la implementación de parámetros y un mantenimiento preventivo.</p> $Red = \frac{(32.88min - 31.99 min) \times 100}{32.88 min} = 2.71\%$ <p>Los índices de rendimiento para producción de empaque son mínimos, comparados a la línea de tubería, ya que, al contar con 2 máquinas, su producción debería incrementar aún más de lo percibido, sin embargo, debido a factores económicos y a la sobrecarga de energía solo se aprovecha el 50% de la maquinaria, limitando los incrementos de mejora.</p>

Fuente: elaboración propia.

4.1.5. Diagramas Hombre/Máquina propuestos

A continuación, se muestra el desarrollo de las operaciones que tanto la máquina extrusora como el operario realizan en conjunto para generar un producto terminado, basándose el diagrama de operaciones de la figura 30.

Figura 34. Diagrama hombre-máquina propuesto para tubería

Diagrama Hombre-Máquina línea de tubería			
Operación:	Extrusión de tubería	Diagrama No.	13
Máquina tipo:	Extrusora 1T	Hoja No.	1 de 1
Departamento:	Producción	Analista:	Melissa Colindres
Empresa:		Método:	Mejorado
Operador	Tiempo (Min)	Máquina 1	Tiempo (Min)
Armar Cabezal	0.016	Preparación de maquinaria	0.101
Instalar dado extrusor	0.085		
Preparar calentamiento	0.002	Calentamiento	0.284
Instalar y centrar tren formador	0.061		
Conectar mangueras de succión y agua	0.038		
Ajustar Oruga	0.047		
revisar resistencias y temperaturas	0.050		
Almacenar herramientas de instalación	0.043		
Poner en marcha extrusora	0.013		
Inspeccionar alimentación	0.030	Extrusión	4.50
Introducir material a tren formador	0.016		
Moldear material extruido	0.174		
Estabilizar Material	0.029		
Jalar material a enfriamiento	0.007		
Introducir a oruga	0.017		
Ajustar distancia de corte e impresión	0.976		
Inspeccionar extrusión	2.25		
Verificar temperaturas	0.422		
Alimentación	0.092		
Esperar tubo extruido	0.432		
Revisar corte	0.088		
Dirigir tubo a copla	0.001		
Inspeccionar copla	0.005		

Continuación de la figura 34.

Resumen			
Operario	Minutos	Extrusora	Minutos
Tiempo total del ciclo	4.89	Tiempo total del ciclo	4.89
Tiempo de ocio	0.43	Tiempo de ocio	0.00
tiempo productivo	4.46	tiempo productivo	4.89
% de utilización de operario	91%	% de utilización de extrusora	100%

Fuente: elaboración propia.

Con las mejoras planteadas y el aprovechamiento del tiempo, el porcentaje de utilización del operario aumentó 10% para el proceso de extrusión de tubo, así también se estima un 6% de reducción del ciclo productivo, ya que con la identificación de estándares para las especificaciones de material los tiempos de preparación y estabilización de material se optimizan adecuadamente, mediante una supervisión adecuada el operario presenta mejoras en su rendimiento.

Los tiempos y actividades mostradas en los diagramas anteriores son basados en el ciclo de producción plasmado en la figura 31.

Figura 35. Diagrama hombre-máquina propuesto para empaque

Diagrama Hombre-Máquina línea de empaque							
Operación:	Extrusión de empaque			Diagrama No.	14		
Máquina tipo:	Extrusora 1 y 2			Hoja No.	1 de 1		
Departamento:	Producción			Analista:	Melissa Colindres		
Empresa:				Método:	Mejorado		
Operador	Tiempo (Min)	Extrusora 1	Tiempo (Min)	Trituradora	Tiempo (Min)	Extrusora 2	Tiempo (min)
Instalar dado extrusor 1	0.058						
Iniciar calentamiento extrusora 1	0.006	Preparar maquinaria	0.064			Tiempo muerto	0.071
Dirigirse a extrusora 2	0.007					Preparación de maquinaria	0.064
Instalar dado extrusor 2	0.058						
Iniciar calentamiento extrusora 2	0.006						
Dirigirse a extrusora 1	0.005						
Formulación extrusora 1	0.008						
Alimentar extrusora 1	0.010						
Colocar recipiente bajo extrusora 1	0.004						
Ingresar especificaciones 1	0.012						
Formulación extrusora 2	0.011						
Dirigirse a extrusora 2	0.005	Calentamiento	0.205	Tiempo muerto	0.352		
Alimentar extrusora 2	0.012						
Ingresar especificaciones 2	0.010						
Dirigirse a sistema de enfriamiento	0.007					Calentamiento	0.200
Activar agua a 10°C	0.012						
Ajustar banda y mangueras de enfriamiento 1	0.008						
Ajustar banda y mangueras de enfriamiento 2	0.012						
Almacenar herramientas de instalación	0.018						
Jalar material a polea 1	0.015						
Dirigirse a extrusora 2	0.005						
Colocar recipiente bajo extrusora 2	0.006						
Revisar temperaturas	0.040						
Jalar material a polea 2	0.017						
Encender trituradora	0.520			Preparación	0.520		
triturar material	7.850						
Formular para extrusora 2	0.180						
Alimentar extrusora 2	0.012			Tiempo muerto	9.923		
Verificar peso extrusora 1	0.781						
Inspeccionar material de extrusión	0.920						
Inspeccionar temperaturas	0.180						
Cargar trituradora	5.450			Triturar empaque	5.450		
Preparar arañas metálicas	1.070						
Esperar por sobrecarga de energía	5.080			Tiempo muerto	6.150		
Cargar trituradora	6.840	Extrusión	31.678	Triturar empaque	6.840	Extrusión	31.612
Dirigirse extrusora 1	0.006						
Pesar caja 1	0.080						
Formular para extrusora 2	0.180						
Inspeccionar material de extrusión 2	0.591						
Verificar peso	0.080						
Verificar hasta llegar a 24.40 lb	0.753						
Cortar empaque 1	0.014						
Enrollar empaque 1	0.032						
Liberar de araña 1	0.013			Tiempo muerto	2.712		
Empacar rollo	0.120						
Dirigirse a extrusora 2	0.008						
Pesar caja 2	0.036						
Verificar hasta llegar a 24.40 lb	0.745						
Cortar empaque 2	0.015						
Enrollar empaque	0.030						
Liberar de araña	0.009						

Continuación de la figura 35.

Operario 1	Min	Extrusora 1	Min	Trituradora	Min	Extrusora 2	Min
Tiempo total del ciclo	31.95	Tiempo total del ciclo	31.95	Tiempo total del ciclo	31.95	Tiempo total del ciclo	31.95
Tiempo de ocio	5.08	Tiempo de ocio	0.00	Tiempo de ocio	19.14	Tiempo de ocio	0.071
tiempo productivo	26.87	tiempo productivo	31.95	tiempo productivo	12.81	tiempo productivo	31.879
%utilización	84%	%Utilización	100%	%Utilización	40%	%Utilización	100%

Fuente: elaboración propia.

Debido a los resultados obtenidos en el análisis de diagramas mostrado, se determinó que el operario era capaz de atender 3 máquinas en su jornada, sin embargo la estipulación de parámetros y la disminución de tiempos innecesarios hace que el operador optimice su tiempo, permitiéndoles trabajar en mejores condiciones para disminuir la fatiga temprana y el rendimiento deficiente a largo plazo, con una mejor organización se genera que el rendimiento de los operarios sea más constante, al manejar más tiempos de ocio con poca duración. Los tiempos y actividades mostradas en el diagrama anterior son en base a la producción de 2 rollos de empaque tipo batiente.

4.1.6. Tiempos estándar de producción para propuesta

Parte de la definición de estándares que permitan el desarrollo de una mejor producción, es la determinación de tiempos y operaciones estándar, los datos plasmados en este apartado son en base a las unidades obtenidas en un lapso de 27 días, tomando en cuenta los cambios realizados en los procesos analizados con anterioridad.

Los datos presentados en la tabla 20, representan las unidades diarias obtenidas en los procesos de extrusión de tubo y empaque, estos fueron recolectados en un lapso de 27 días. El promedio total de los resultados será utilizado para el cálculo de tiempo estándar por producto.

Tabla 20. Unidades producidas para propuesta

PRODUCCIÓN		
Días	Tubería (Unidades)	Empaque (Rollos)
1	246	42
2	250	38
3	249	37
4	243	43
5	254	43
6	258	42
7	247	40
8	255	44
9	264	42
10	266	38
11	271	42
12	315	39
13	430	41
14	262	40
15	259	42
16	257	44
17	249	36
18	255	42
19	256	39
20	258	35
21	246	42
22	255	43
23	252	40
24	261	41
25	248	36
26	-	38
27	-	42
PROM	264	40

Fuente: elaboración propia.

4.1.7. Formulación para tiempos estándar propuestos

A continuación, se muestra la secuencia de pasos y fórmulas necesarias para el desarrollo de los cálculos previos al tiempo estándar por producto.

- Tiempo promedio: el promedio de cada una de las actividades cronometradas del proceso de extrusión de tubería, se obtiene mediante:

$$T_p = \Sigma X_i / n$$

En donde:

T_p = Tiempo promedio en minutos

ΣX_i = Sumatoria de todos los ciclos

n = Número de las lecturas realizadas

- Tiempo normal: el tiempo requerido por un operario normal para realizar una operación, a velocidad estándar, se obtiene por medio de la siguiente fórmula:

$$T_n = T_c * \%CAV$$

En donde:

T_n = Tiempo normal de operaciones

T_c = Tiempo cronometrado = tiempo promedio

$\%CAV$ = Porcentaje de calificación de la actuación del operario

- Tiempo estándar: para determinar el tiempo de fabricación, basado en cada una de las actividades cronometradas del proceso de extrusión de tubería y empaque, se utiliza la siguiente fórmula:

$$Ts = Tn \times (1 + \Sigma\% \text{ tolerancia})$$

En donde:

Ts = Tiempo estándar

% tolerancia = establecido por la OIT y la empresa.

- Tolerancia: según la Organización internacional del trabajo (1996) “se plantean porcentajes para las concesiones fijas o variables dentro del trabajo, estas se establecen con carácter obligatorio para el estudio de tiempos” (p.356). Por ello en la tabla 21, se presentan los porcentajes asignados para las necesidades personales y fatiga.

Tabla 21. Tolerancias del trabajo

Concesiones	Porcentaje
Necesidades Personales	5%
Demoras Inevitables	2%
Fatiga	4%
TOTAL	11%

Fuente: elaboración propia.

Debido a condiciones ambientales y económicas la maquinaria provoca ciertas demoras que son inevitables en el proceso, por lo que es necesario tomarlas en cuenta para los cálculos estándar de producción.

Por lo que se fija el porcentaje de demora inevitable basado en los siguientes aspectos:

- Desperfecto mecánico (10 minutos)
- Falla en generador (6 minutos)

$$DI = \frac{\text{Promedio de retrasos}}{\text{Jornada efectiva}} = \frac{16 \text{ min}}{720 \text{ min}} = 0.022 \times 100 \approx 2\%$$

- Calificación de la Actuación por Westinghouse: para identificar la eficiencia de un operador normal se toman en cuenta cuatro factores para evaluar su rendimiento, de esta manera se podrá fijar un tiempo estándar adecuado a la habilidad, esfuerzo o desempeño, condiciones y consistencia.

Aspectos a calificar:

1. Habilidad: destreza para seguir un método dado, se determina por su experiencia y aptitudes.
2. Esfuerzo o desempeño: demostración de la voluntad para trabajar con eficiencia.
3. Condiciones: son aquellas que afectan al operario y no a la operación, por ejemplo: luz, ventilación, ruido, temperatura.
4. Consistencia: valor elemental de tiempo que se repiten constantemente.

Figura 36. Grados a calificar para desempeño

SISTEMA WESTINGHOUSE

HABILIDAD			ESFUERZO		
+0.16	A1	Extrema	+0.13	A1	Excesivo
+0.13	A2	Extrema	+0.12	A2	Excesivo
+0.11	B1	Excelente	+0.10	B1	Excelente
+0.08	B2	Excelente	+0.08	B2	Excelente
+0.06	C1	Buena	+0.06	C1	Buena
+0.03	C2	Buena	+0.02	C2	Buena
0.00	D	Regular	0.00	D	Regular
-0.05	E1	Aceptable	-0.04	E1	Aceptable
-0.10	E2	Aceptable	-0.08	E2	Aceptable
-0.16	F1	Deficiente	-0.12	F1	Deficiente
-0.22	F2	Deficiente	-0.17	F2	Deficiente

CONDICIONES			CONSISTENCIA		
+0.06	A	Ideales	+0.04	A	Perfecta
+0.04	B	Excelentes	+0.03	B	Excelente
+0.02	C	Buenas	+0.01	C	Buena
0.00	D	Regulares	0.00	D	Regular
-0.03	E	Aceptables	-0.02	E	Aceptable
-0.07	F	Deficientes	-0.04	F	Deficiente

Fuente: www.monografias.com/

Con base a los lineamientos del método Westinghouse se asigna la calificación de rendimiento del operario en cada uno de los procesos de producción, como se muestra en las figuras 37 y 38, se califica:

Figura 37. Calificación de rendimiento para tubo

CALIFICACIONES DE RENDIMIENTO POR ACTIVIDAD																									
OPERACIONES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
DESTREZA	0.13	0.13	0.13	0.13	0.08	0.08	0.11	0.11	0.11	0.11	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.11	0.11
ESFUERZO	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.08	0.08	0.10	0.10	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
CONDICIONES	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
CONSISTENCIA	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
TOTAL	0.25	0.25	0.25	0.25	0.20	0.20	0.21	0.21	0.23	0.23	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.18	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.23	0.23
CAV	1.25	1.25	1.25	1.25	1.20	1.20	1.21	1.21	1.23	1.23	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.18	1.25	1.25	1.25	1.25	1.25	1.23	1.23

Fuente: elaboración propia.

Figura 38. Calificaciones de rendimiento para empaque

CALIFICACIONES DE RENDIMIENTO POR ACTIVIDAD																			
OPERACIONES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
DESTREZA	0.08	0.08	0.08	0.08	0.06	0.06	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.06
ESFUERZO	0.08	0.08	0.08	0.08	0.05	0.05	0.08	0.08	0.08	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.02
CONDICIONES	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
CONSISTENCIA	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02
TOTAL	0.16	0.16	0.16	0.16	0.11	0.11	0.16	0.16	0.16	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.08
CAV	1.16	1.16	1.16	1.16	1.11	1.11	1.16	1.16	1.16	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	1.13	1.08

Fuente: elaboración propia.

En base a las observaciones realizadas durante el ejercicio profesional supervisado y al incremento de unidades producidas en la tabla 20, se estiman los tiempos ideales para las diferentes operaciones de los procesos de extrusión de tubo y empaque.

Tabla 22. Tiempos promedio para extrusión de tubería

No.	Elementos del proceso de extrusión de tubería	MUESTRAS								TP
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	
1	Transportar dado y herramientas	0.002	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002	0.003	0.003	0.003
2	Armar cabezal de extrusora	0.009	0.009	0.009	0.008	0.008	0.009	0.008	0.008	0.008
3	Instalar dado extrusor y verificar centrado	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061	0.061
4	Iniciar el calentamiento de extrusora	0.001	0.001	0.002	0.001	0.002	0.002	0.002	0.001	0.002
5	Transportar tren formador	0.002	0.002	0.002	0.002	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002
6	Instalar y centrar tren formador	0.046	0.046	0.046	0.046	0.046	0.046	0.046	0.046	0.046
7	Conectar mangueras de succión y agua	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028	0.028
8	Ajustar Oruga	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.035	0.034
9	Calentamiento	0.208	0.209	0.208	0.208	0.209	0.208	0.209	0.208	0.208
10	Poner en marcha extrusora	0.009	0.010	0.009	0.009	0.010	0.010	0.009	0.010	0.009
11	Establecer y anotar fórmula	0.002	0.002	0.001	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
12	Pesar elementos de fórmula	0.004	0.003	0.003	0.004	0.003	0.003	0.004	0.004	0.003
13	Agregar fórmula a tolva	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
14	Activar Calentadora	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
15	Preparar nueva fórmula	0.007	0.008	0.008	0.008	0.008	0.007	0.007	0.008	0.008
16	Revisar existencias y retirar sacos vacíos	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
17	Activar Enfriadora	0.002	0.002	0.001	0.002	0.002	0.001	0.002	0.002	0.002
18	Activar alimentación	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
19	Introducir material caliente a tren formador	0.011	0.011	0.012	0.012	0.011	0.011	0.011	0.011	0.011
20	Estabilizar material	0.021	0.020	0.020	0.021	0.021	0.021	0.020	0.021	0.021
21	Jalar material por tanque de enfriamiento	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
22	Extrusión	3.080	3.050	3.060	3.070	3.040	3.050	3.060	3.060	3.059
23	Introducir material enfriado a oruga	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012	0.012
24	Trasladar tubo a copla	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
25	Elaborar copla	0.003	0.003	0.003	0.004	0.003	0.003	0.003	0.004	0.003
Tiempo total por ciclo		3.559	3.529	3.539	3.549	3.520	3.528	3.539	3.539	3.54

Fuente: elaboración propia.

Tabla 23. Tiempos promedio para extrusión de empaque

No.	Elementos del proceso de extrusión de empaque	MUESTRAS								TP
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	
1	Trasladar dado y herramientas a extrusora	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
2	Instalar dado extrusor	0.05	0.04	0.05	0.04	0.05	0.05	0.04	0.05	0.05
3	Iniciar el calentamiento de extrusora	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	Calentamiento	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
5	Formulación	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
6	Triturar material reciclado	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
7	Ingresar especificaciones técnicas	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
8	Colocar recipiente bajo extrusora	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9	Jalar el material por tanque de enfriamiento	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
10	Ajustar banda y mangueras de enfriamiento	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
11	Colocar recipiente bajo extrusora	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	Extrusión	25.32	24.79	25.29	24.14	24.85	25.42	25.36	25.27	25.06
13	Activar agua a 10°C	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
14	Pesar 24.40 lb de empaque	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
15	Verificar peso y cortar empaque	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
16	Enrollar empaque	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02
17	Desprender rollo de araña	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
18	Empacar rollo	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
19	Transportar a almacén de empaque	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
TOTALES		25.76	25.24	25.73	24.58	25.30	25.87	25.80	25.71	25.50

Fuente: elaboración propia.

Analizando los cambios manifestados en la producción se obtienen los tiempos propuestos para extrusión de tubo ducto pluvial de 3 pulgadas.

Tabla 24. Tiempo estándar propuesto para extrusión de tubo

No.	Elementos del proceso de extrusión de tubería	TP	%CAV	TN	Tolerancia	TS
1	Transportar dado y herramientas	0.003	1.25	0.0032	11%	0.00
2	Armar cabezal de extrusora	0.008	1.25	0.0106	11%	0.01
3	Instalar dado extrusor y verificar centrado	0.061	1.25	0.0764	11%	0.08
4	Iniciar el calentamiento de extrusora	0.002	1.25	0.0019	11%	0.00
5	Transportar tren formador	0.002	1.20	0.0019	11%	0.00
6	Instalar y centrar tren formador	0.046	1.20	0.0551	11%	0.06
7	Conectar mangueras de succión y agua	0.028	1.21	0.0342	11%	0.04
8	Ajustar Oruga	0.035	1.21	0.0421	11%	0.05
9	Calentamiento	0.208	1.23	0.2563	11%	0.28
10	Poner en marcha extrusora	0.009	1.23	0.0117	11%	0.01
11	Establecer y anotar fórmula	0.002	1.18	0.0019	11%	0.00
12	Pesar elementos de fórmula	0.003	1.18	0.0041	11%	0.00
13	Agregar fórmula a tolva	0.002	1.18	0.0026	11%	0.00
14	Activar calentadora	0.001	1.18	0.0014	11%	0.00
15	Preparar nueva fórmula	0.008	1.18	0.0089	11%	0.01
16	Revisar existencias y retirar sacos vacíos	0.005	1.18	0.0058	11%	0.01
17	Activar Enfriadora	0.002	1.18	0.0019	11%	0.00
18	Activar alimentación	0.001	1.18	0.0012	11%	0.00
19	Introducir material caliente a tren formador	0.011	1.25	0.0142	11%	0.02
20	Estabilizar material	0.021	1.25	0.0257	11%	0.03
21	Jalar material por tanque de enfriamiento	0.005	1.25	0.0065	11%	0.01
22	Extrusión	3.059	1.25	3.8234	11%	4.24
23	Introducir material enfriado a oruga	0.012	1.25	0.0152	11%	0.02
24	Trasladar tubo a copla	0.001	1.23	0.0008	11%	0.00
25	Elaborar copla	0.003	1.23	0.0042	11%	0.00
Tiempo total por ciclo		3.54		4.41		4.90

Fuente: elaboración propia.

Tabla 25. Tiempos estándar propuestos para extrusión de empaque

No.	Elementos del proceso de extrusión de empaque	TP	%CAV	TN	%ToI	TS
1	Trasladar dado y herramientas a extrusora	0.01	1.16	0.01	11%	0.01
2	Instalar dado extrusor	0.05	1.16	0.05	11%	0.06
3	Iniciar el calentamiento de extrusora	0.00	1.16	0.01	11%	0.01
4	Calentamiento	0.16	1.16	0.18	11%	0.20
5	Formulación	0.01	1.11	0.01	11%	0.01
6	Triturar material reciclado	0.08	1.11	0.09	11%	0.10
7	Ingresar especificaciones técnicas	0.01	1.16	0.01	11%	0.01
8	Colocar recipiente bajo extrusora	0.00	1.16	0.00	11%	0.00
9	Jalar el material por tanque de enfriamiento	0.01	1.16	0.01	11%	0.01
10	Ajustar banda y mangueras de enfriamiento	0.01	1.13	0.01	11%	0.01
11	Colocar recipiente bajo extrusora	0.00	1.13	0.00	11%	0.00
12	Extrusión	25.06	1.13	28.31	11%	31.43
13	Activar agua a 10°C	0.01	1.13	0.01	11%	0.01
14	Pesar 24.40 lb de empaque	0.01	1.13	0.02	11%	0.02
15	Verificar peso y cortar empaque	0.01	1.13	0.01	11%	0.01
16	Enrollar empaque	0.02	1.13	0.03	11%	0.03
17	Desprender rollo de araña	0.01	1.13	0.01	11%	0.01
18	Empacar rollo	0.02	1.13	0.03	11%	0.03
19	Transportar a almacén de empaque	0.02	1.08	0.02	11%	0.02
TOTALES		25.50		28.82		31.99

Fuente: elaboración propia.

4.1.8. Indicadores de productividad con Propuesta

Para la elaboración de tubería se cuenta con un grupo de 3 personas, así también para el proceso de extrusión de empaque se cuenta con el apoyo de 2 personas, laborando en turnos de 12 horas/día con una producción de 264 tubos de 3 pulgadas y 40 rollos de empaque batiente

Por medio de la fórmula establecida en la figura 23, se determina la productividad con los nuevos tiempos estándar para cada proceso, basado en las horas efectivas y las unidades producidas con la implementación de mejoras.

- Cálculo de horas efectivas: Se determina que ambas máquinas trabajan juntas el 50% del tiempo, por lo que se calcula el tiempo necesario para la producción de 40 rollos en dichas condiciones:

$$\left(30 \text{ rollos} \times \frac{31.99 \text{ min}}{60 \text{ min}} = 16 \text{ horas} \div 2 \text{ máquinas} = 8 \text{ horas} \right) + \left(10 \text{ rollos} \times \frac{31.99 \text{ min}}{60 \text{ min}} = 5.33 \text{ horas} \right) = 13.33 \text{ horas}$$

Tabla 26. Productividad basada en propuestas

$P_{\text{Tubería}} = \frac{264 \text{ tubos/día}}{12 \frac{\text{horas}}{\text{día}} \times 3 \text{ hombre}}$ $= 7.33 \frac{\text{tubo}}{\text{horas/hombre}}$	$P_{\text{Empaque}} = \frac{40 \text{ rollos/día}}{12 \frac{\text{horas}}{\text{día}} \times 2 \text{ hombre}}$ $= 1.67 \frac{\text{rollos}}{\text{horas/hombre}}$
$I_{\text{Tubería}} = \frac{21.5 \text{ horas}}{24 \text{ horas}} * \frac{264 \text{ tubos}}{294 \text{ tubos}}$ $= 0.804 \times 100 = 80\%$	$I_{\text{Empaque}} = \frac{13.33 \text{ horas}}{24 \text{ horas}} * \frac{40 \text{ rollos}}{68 \text{ rollos}}$ $= 0.326 \times 100 = 33\%$

Fuente: elaboración propia.

- Producción diaria: se determinan las unidades producidas, mediante las horas efectivas laboradas por día.

$$\text{Tubo} = \frac{1440 \text{ min}}{4.90 \text{ min}} = 293.88 \text{ uni} \quad \text{Empaque} = \frac{1440 \text{ min}}{31.99 \text{ min}} = 45.01 + 22.51 = 67.52 \text{ uni}$$

Tomando en cuenta los datos obtenidos de la situación actual del proceso y los cambios en base a la propuesta, se comparan los resultados y se analizan los índices de mejora para cada línea, como se muestra.

Tabla 27. Comparación de propuesta basada en productividad

Actual	Propuesta
PT = 4.36 $\frac{\text{tubo}}{\text{horas/hombre}}$	PT = 7.33 $\frac{\text{tubo}}{\text{horas/hombre}}$
PE = 1.21 $\frac{\text{rollo}}{\text{horas/hombre}}$	PE = 1.67 $\frac{\text{rollo}}{\text{horas/hombre}}$
IT = 32%	IT = 80%
IE = 16%	IE = 33%
Mejora = Propuesta – Actual	
IMT = 80% - 32% = 48%	
IME = 33% - 16% = 17%	

Fuente: elaboración propia.

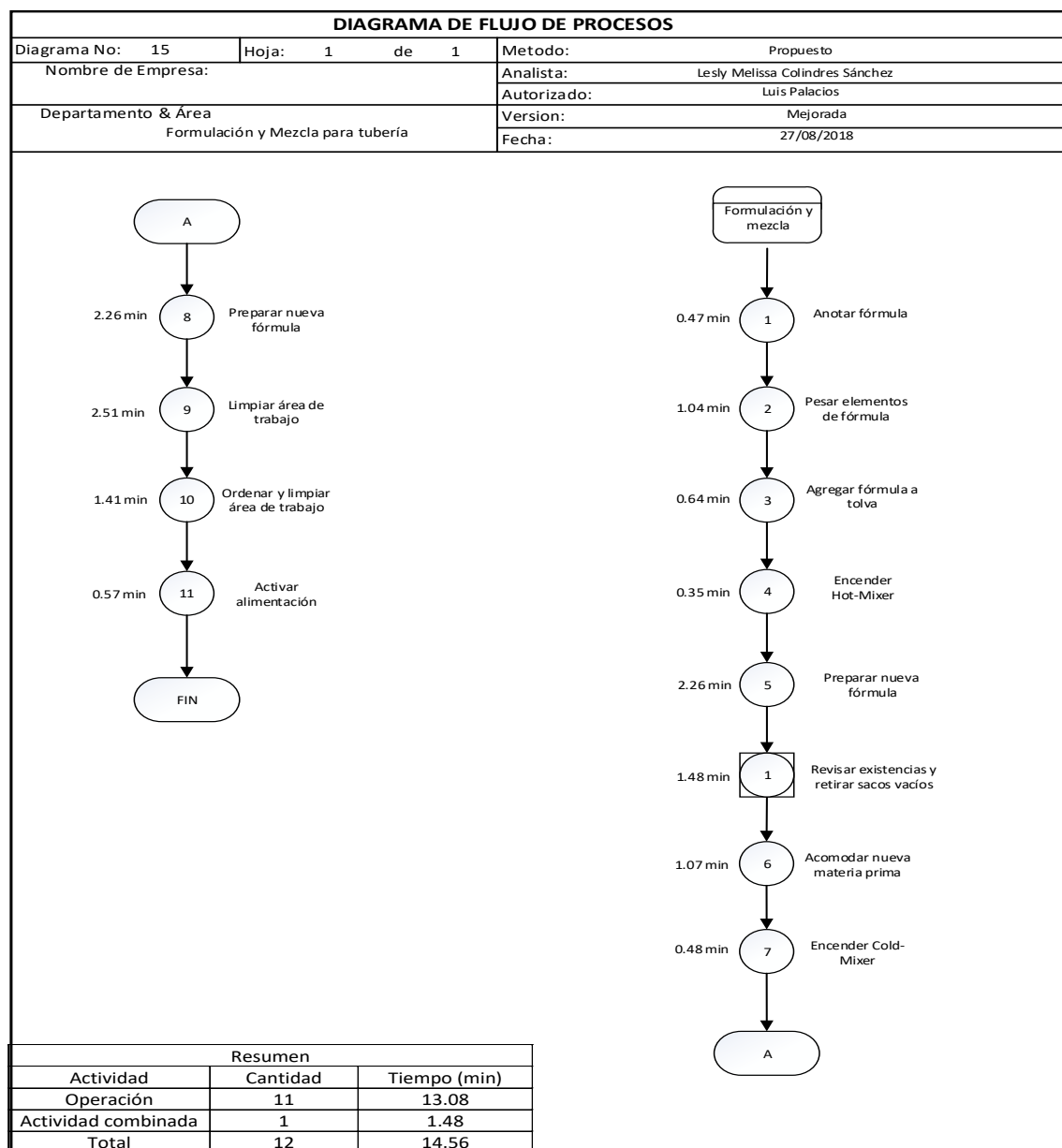
Análisis de productividad

Debido a que los tiempos más tardíos se observaron en la preparación de maquinaria de los procesos de tubería y empaque, y en la estabilización del material, se disminuyeron las actividades que solo generaban retraso en el proceso, facilitando al operario la agilidad y el conocimiento de su rutina de trabajo, así como la determinación de especificaciones para formulación, permitiendo determinar la fórmula adecuada para estabilización pronta del material. Con la estimación de estos nuevos tiempos el índice de productividad aumenta a un 48% para tubería y 17% para empaque.

4.2. Proceso de formulación y mezcla

De este proceso depende la estabilidad del material a extruir para la línea de tubería, por lo que es importante regularlo y definirlo, para ello se describen las operaciones necesarias.

Figura 39. Diagrama de flujo de procesos para formulación de tubo



Fuente: elaboración propia.

Tabla 28. Especificaciones de Mezcla para tubo

Fórmula para Tubería ducto pluvial 3''	
Materia	Peso
PVC RESINA	40 Kg
RECICLADO	10 Kg
CALCIO LIGHT	26 Kg
ACR	0.8 Kg
RENOL	0.012 Kg
CPE 135A	4 Kg
ÁCIDO ESTEÁRICO	0.4 Kg
WAX	0.24 Kg
ESTABILIZADOR	2 Kg
CONECTOR	0.0004 Kg
COLORANTE	0.1 Kg
PESO NETO	83.552 Kg

Fuente: elaboración propia.

Tabla 29. Especificaciones de mezcla para empaque

Fórmula para empaque batiente	
Materia	Peso
PVC FLEXIBLE o Reciclado	12.5 Kg
COLORANTE NEGRO	0.010 Kg
PESO NETO	12.51 Kg

Fuente: elaboración propia.

En la actualidad las formulaciones se realizan empíricamente por lo que esperan la reacción del material para analizar los cambios en la formulación, al contar con dicha modalidad los procesos de producción suelen extenderse demasiado, por lo que se tomó como base la fórmula que mejores resultados brindó, con esto la estabilización del material es más funcional.

4.2.3. Listado de Materias primas por producto

En las siguientes tablas se presentan cada uno de los elementos y materiales necesarios para la obtención del producto final para las líneas de tubería y empaque.

Tabla 30. Materias primas para tubo

Materia Prima
PVC RESINA
CALCIO LIGHT
ACR
RENOL
CPE 135A
ÁCIDO ESTEÁRICO
WAX
ESTABILIZADOR
BRILLO
CONECTOR
COLORANTE
SOLVENTE (V705-D)
TINTA (V410-D)

Fuente: elaboración propia.

Tabla 31. Materias primas para empaque

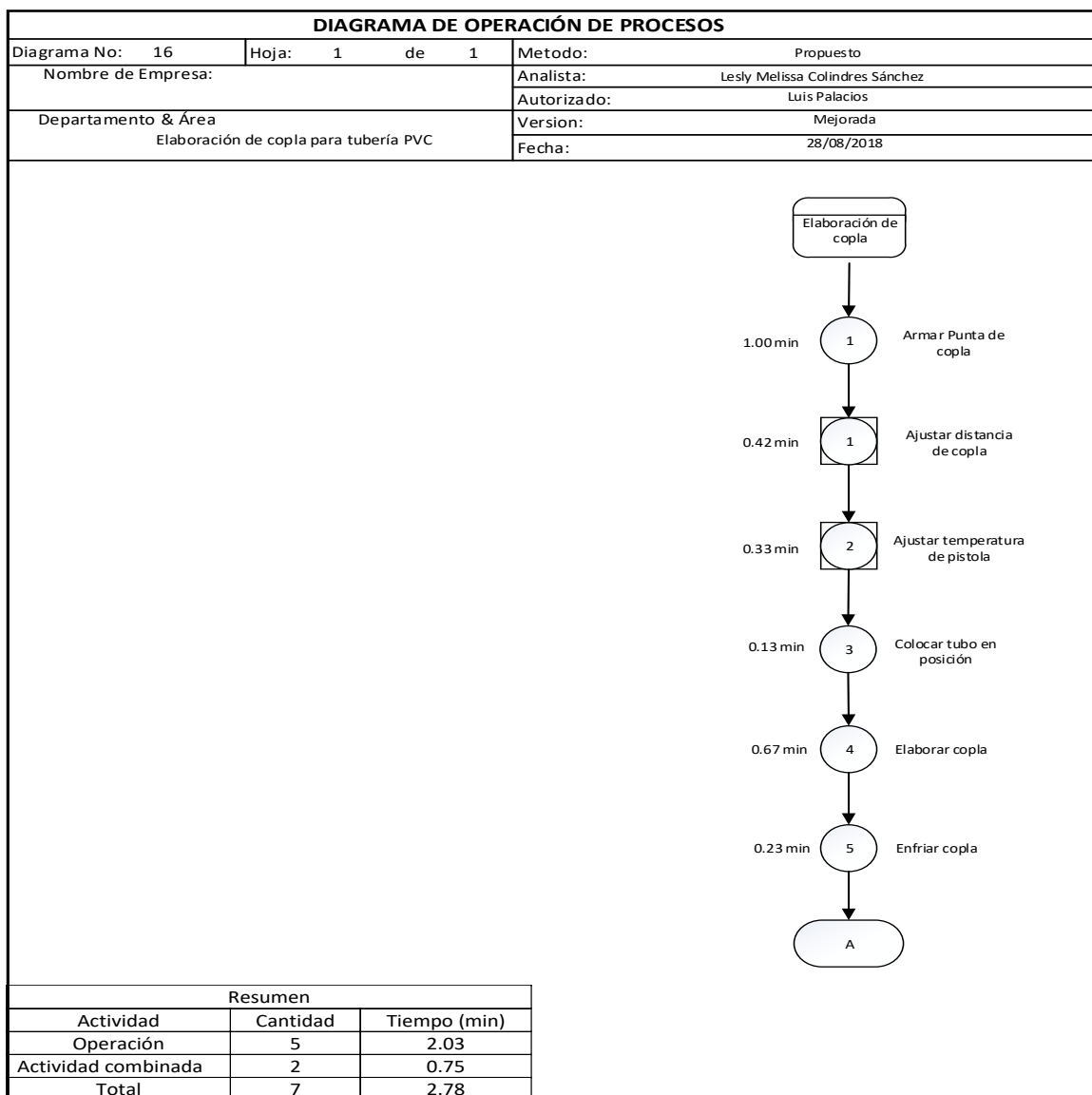
Materia prima
PVC FLEXIBLE
RECICLADO
COLORANTE NEGRO
Materiales
CARRETES DE CARTÓN
FILM
GRAPAS
PITA

Fuente: elaboración propia.

4.3. Proceso de elaboración de coplas para tubería

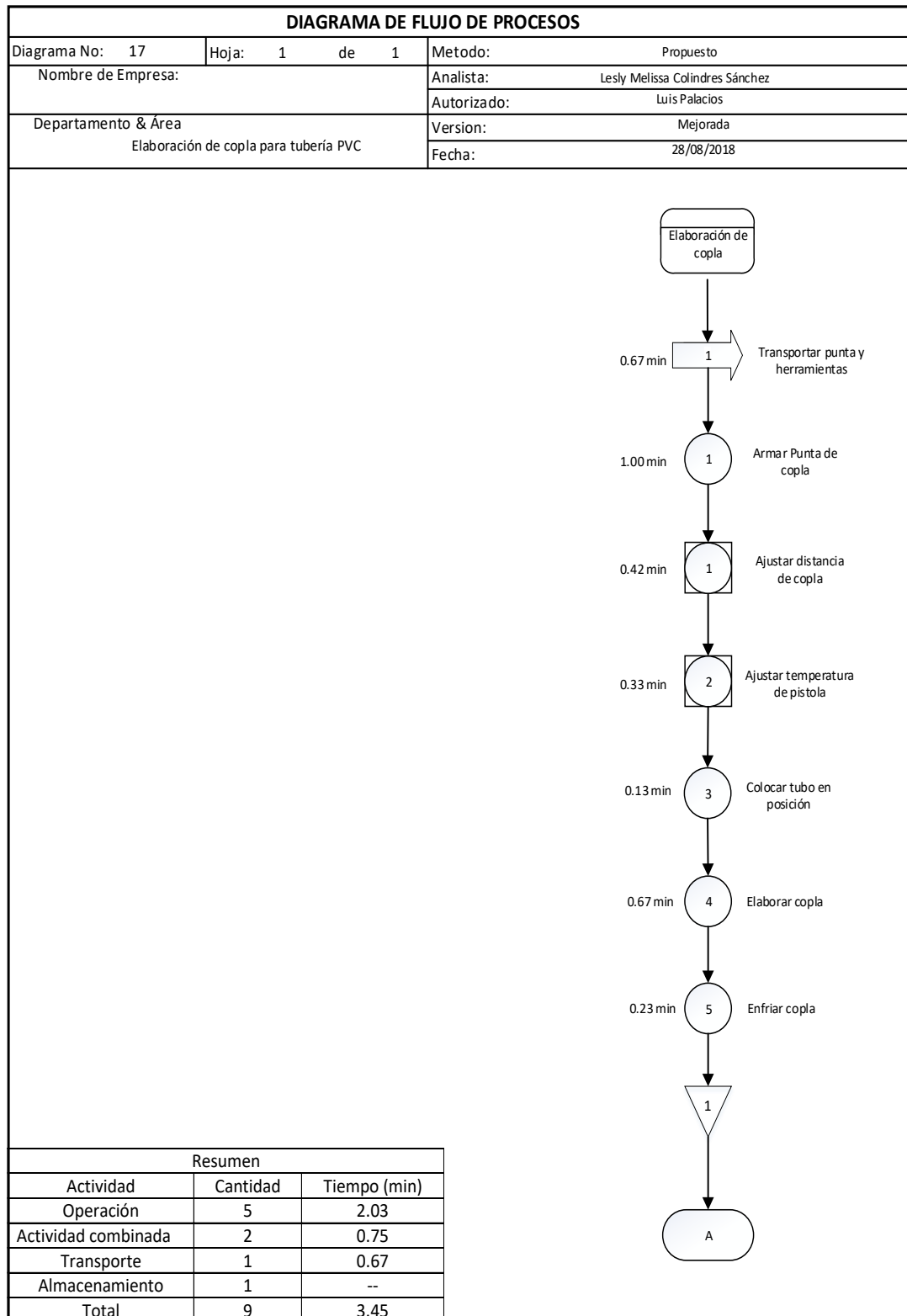
Para analizar si un proceso está siendo productivo es necesario la aplicación de parámetros y estándares que permitan calificar los resultados obtenidos, por lo que se han detallado todas las operaciones a manera de medir el rendimiento del personal y sus actividades.

Figura 41. Diagrama de operación de procesos propuesto para copla



Fuente: elaboración propia.

Figura 42. Diagrama de flujo de operaciones propuesto para copla



Fuente: elaboración propia.

La elaboración de copla para tubería es un proceso que requiere varios movimientos manuales, por lo que se muestra gráficamente la sucesión de movimientos estables para mejorar el rendimiento de dicha operación.

Figura 43. Diagrama bimanual propuesto para copla

Diagrama Bimanual					
Diagrama No: 18	Hoja No.1 de 1	Resumen			
Dibujo y Pieza: Mezcla para extrusión		El operario toma el tubo que sale del proceso de corte y lo lleva al área de copla, en donde toma específicamente uno de los extremos y lo introduce al área de boquilla, primero se acciona la pistola de aire caliente colocada bajo el extremo del tubo, el operario gira lentamente el tubo para que el calentamiento sea uniforme, mientras el tubo se hace suficientemente moldeable se acciona la punta que da forma a la copla de la tubería, mientras está dentro del tubo, se moldea y agrega aire frío para estabilizar copla, luego de 15 segundos se remueve el dispositivo y se retira el tubo.			
Operación: Formulación para tubería pvc					
Lugar: Planta de producción					
Empresa					
Operario (s) : 1 persona por turno	Ficha Num:				
Elaborado por: Melissa Colindres	Fecha: 02/09/18				
Aprobado por:	Luis Palacios				
				Simbolo	
Descripcion Mano Izquierda	○ ⇌ D △			○ ⇌ D △	Descripcion Mano Derecha
Toma tubo	○			○	Toma tubo
Lleva a copla	⇌	⇌	Lleva a máquina		
Suelta en estructura	D	D	Suelta en estructura		
Toma extremo del tubo	△	△	Acciona calentamiento		
Gira tubo	○	○	Gira tubo		
Moldea copla	⇌	⇌	Acciona copla		
Moldea copla	D	D	Toma manguera de aire frío		
Moldea copla	△	△	Enfría copla		
Toma tubo	○	○	Toma tubo		
Retira de estructura	⇌	⇌	Retira de estructura		
RESUMEN					
ACTIVIDAD	MEJORA				
	MANO IZQ		MANO DER.		
OPERACIÓN	9		9		
SOSTENIMIENTO	0		0		
TRANSPORTE	1		1		
ESPERA	0		0		
TOTALES	10		10		

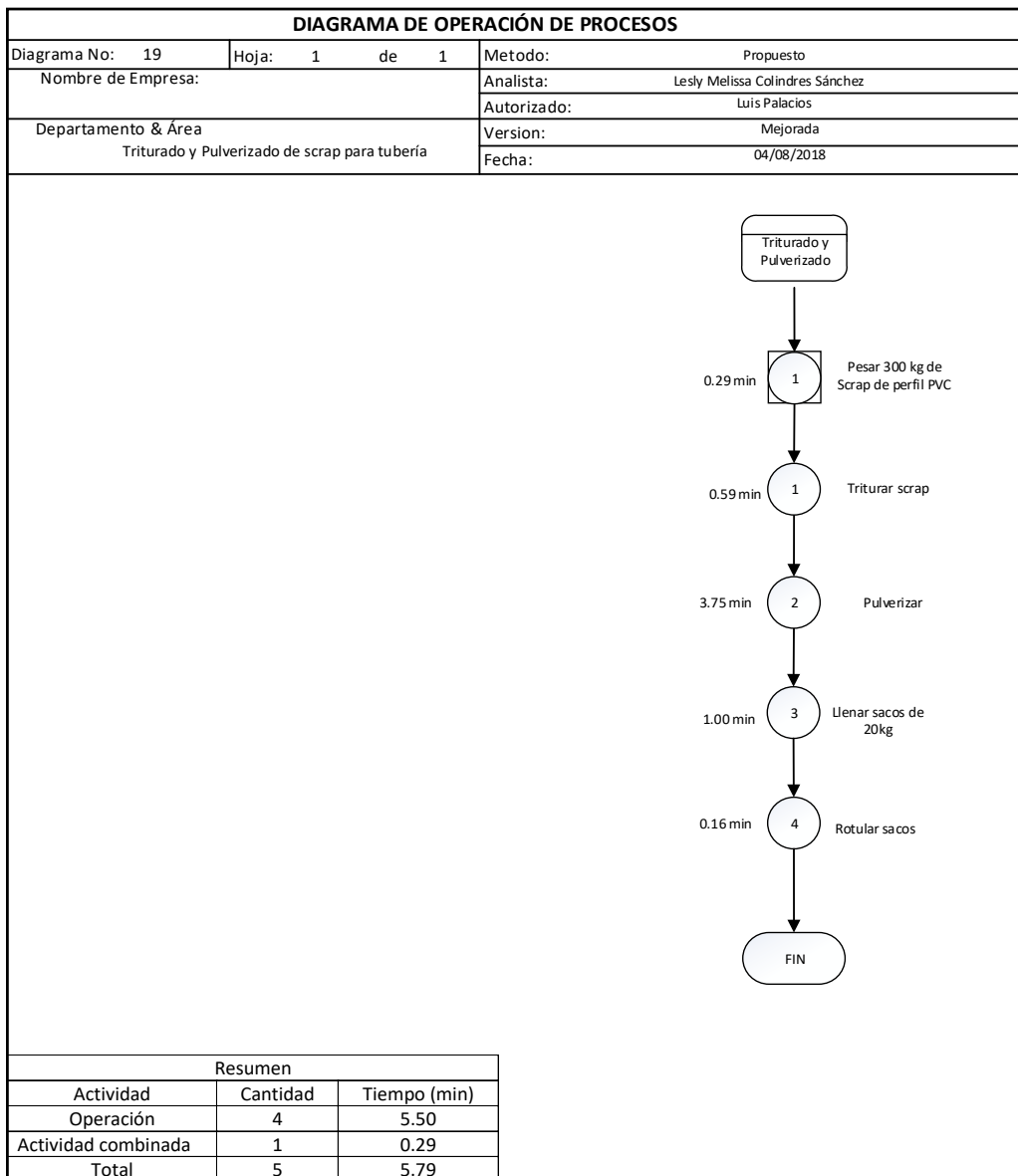
Fuente: elaboración propia.

Ya que el encargado de elaborar las coplas es independiente del proceso de extrusión, este solo debe procurar que la preparación de la máquina sea antes de que la extrusora de inicio, esto permite la disponibilidad para apoyar en cualquiera de los procesos en momentos de dificultad. Fue importante establecer la cantidad de actividades, tiempos y movimientos requeridos para el proceso, esto permite que el encargado de producción analice y mida el desempeño del operario, estableciendo así objetivos de productividad diaria.

4.4. Triturado y Pulverizado, proceso de reciclado

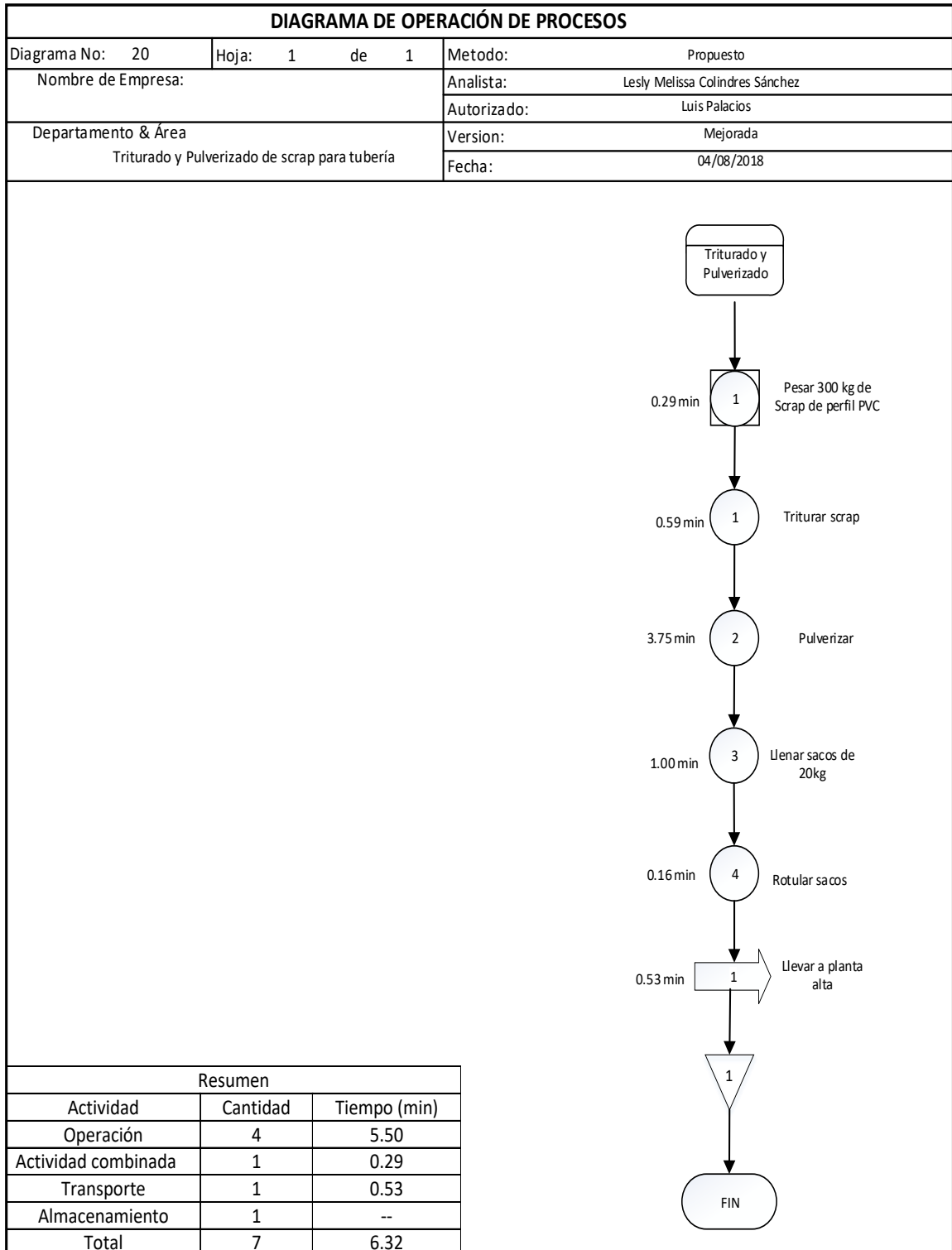
Debido a que se utiliza un 25% de material reciclado para el proceso de extrusión de tubería, se determinan las operaciones necesarias para obtener 12 sacos de material pulverizado de 24 kg cada uno.

Figura 44. Diagrama de operación de los procesos para triturado



Fuente: elaboración propia.

Figura 45. Diagrama de flujo de los procesos para triturado



Fuente: elaboración propia.

Figura 46. Diagrama hombre-máquina propuesto para empaque

Diagrama Hombre-Máquina línea de empaque					
Operación:	Triturado y pulverizado		Diagrama No.	21	
Máquina tipo:	Trituradora y pulverizadora		Hoja No.	1 de 1	
Departamento:	Producción		Analista:	Melissa Colindres	
Empresa:			Método:	Mejorado	
Operador	Tiempo (Min)	Trituradora	Tiempo (Min)	Pulverizadora	Tiempo (Min)
Cargar trituradora	1.29	Triturar	1.67	Tiempo muerto	1.29
Preparar pulverizadora	0.38			Preparación	0.38
Cargar pulverizadora	0.59	Tiempo de ocio	0.59	Pulverizar	4.26
Cargar trituradora	1.08	Triturar	1.08		
Cargar pulverizadora	0.46	Tiempo de ocio	0.46		
Cargar trituradora	0.88	Triturar	0.88		
Cargar pulverizadora	1.25	Tiempo de ocio	1.25		
Resumen					
Operario	Minutos	Trituradora	Minutos	Pulverizadora	Minutos
Tiempo total del ciclo	5.93	Tiempo total del ciclo	5.93	Tiempo total del ciclo	5.93
Tiempo de ocio	0	Tiempo de ocio	2.3	Tiempo de ocio	1.29
tiempo productivo	5.93	tiempo productivo	3.63	tiempo productivo	4.64
% de utilización de operario	100%	% de trituradora	61%	% de pulverizadora	78%

Fuente: elaboración propia.

Análisis de diagramas propuestos para triturado y pulverizado

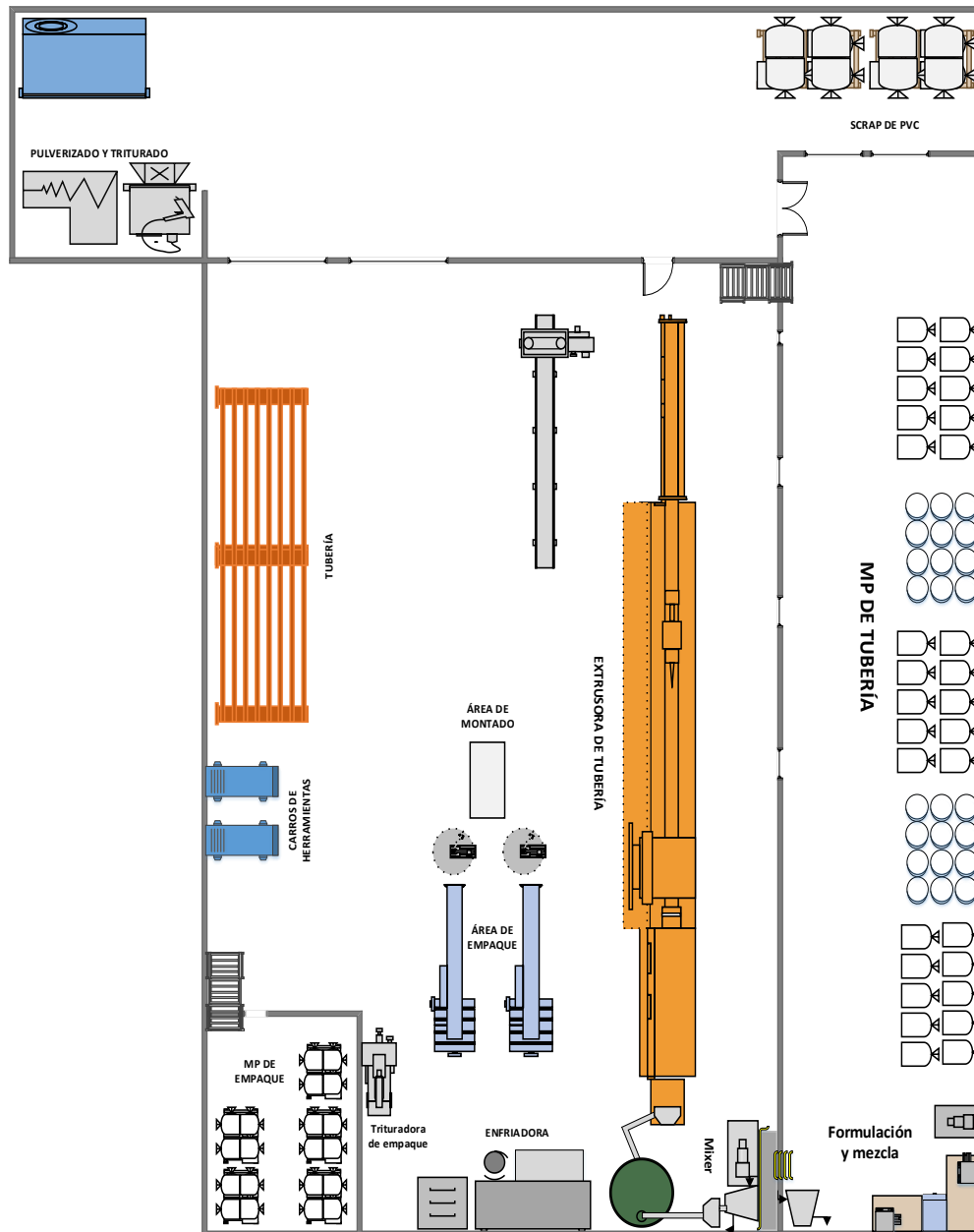
Este proceso es uno de los más agotadores físicamente, debido a que la utilización del operario es mayor, y si no se utilizan las medidas y equipo adecuado puede ser riesgoso para el operario, los tiempos y operaciones mostradas en los diagramas son en base a la obtención de 300 kg de material triturado, que tomando en cuenta un desperdicio del 10% al ser procesado, cantidad que rinde para 27 fórmulas, no es un proceso que se lleve a cabo las 12 horas de un turno, ya que en la formulación solo se incluye un 25% de material reciclado, sin embargo se busca abastecerse con suficiente material para no incurrir en gastos de energía al encender constantemente la maquinaria.

4.5. Propuesta de distribución en la planta

Se propone el desarrollo de métodos 5's, enfocando la distribución de maquinaria, herramientas y materiales de manera organizada y funcional, eliminando del área de trabajo lo innecesario, organizando el espacio de forma eficaz, mejorando los niveles de limpieza y principalmente mantener una disciplina en estos principios.

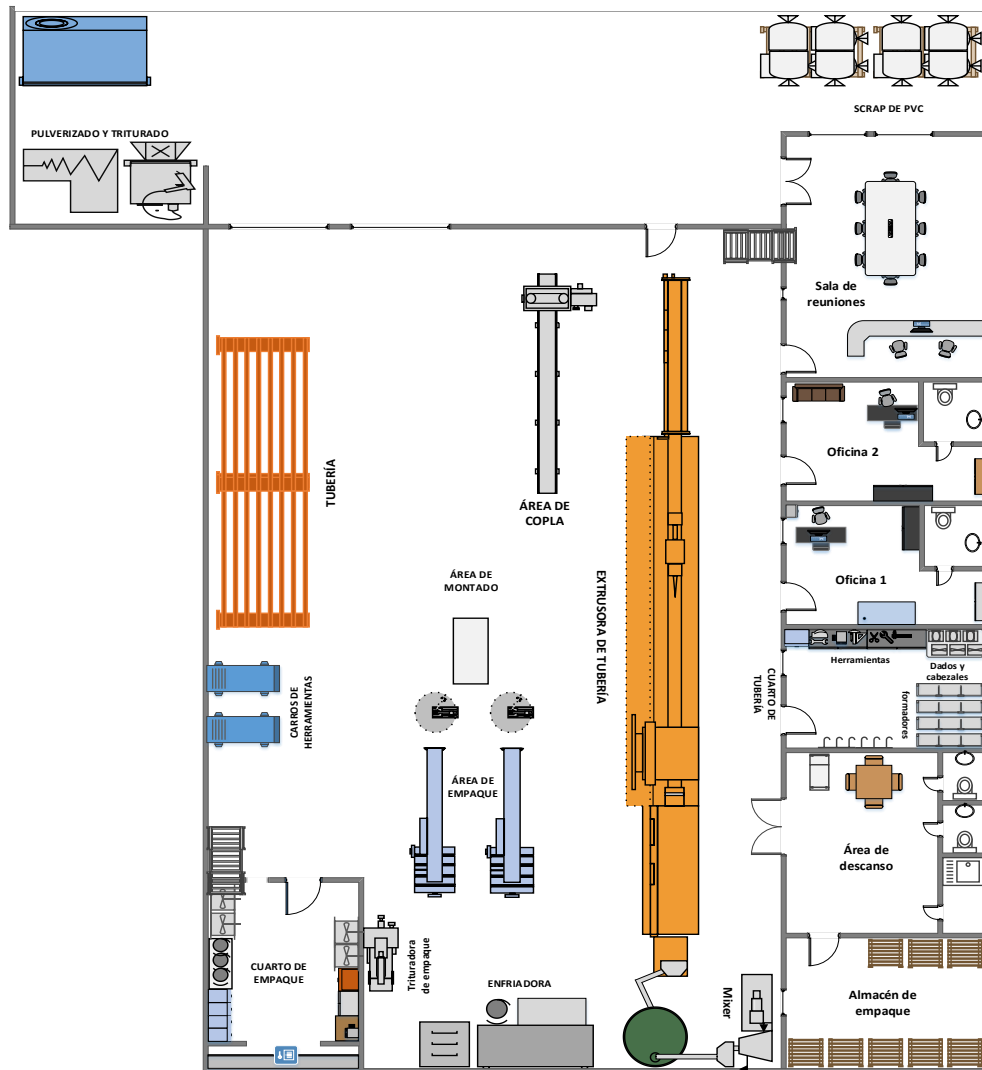
4.5.1. Distribución de Maquinaria

Figura 47. Distribución de maquinaria propuesta -Planta alta-



Fuente: elaboración propia.

Figura 48. Distribución de maquinaria propuesta -Planta baja-



Fuente: elaboración propia.

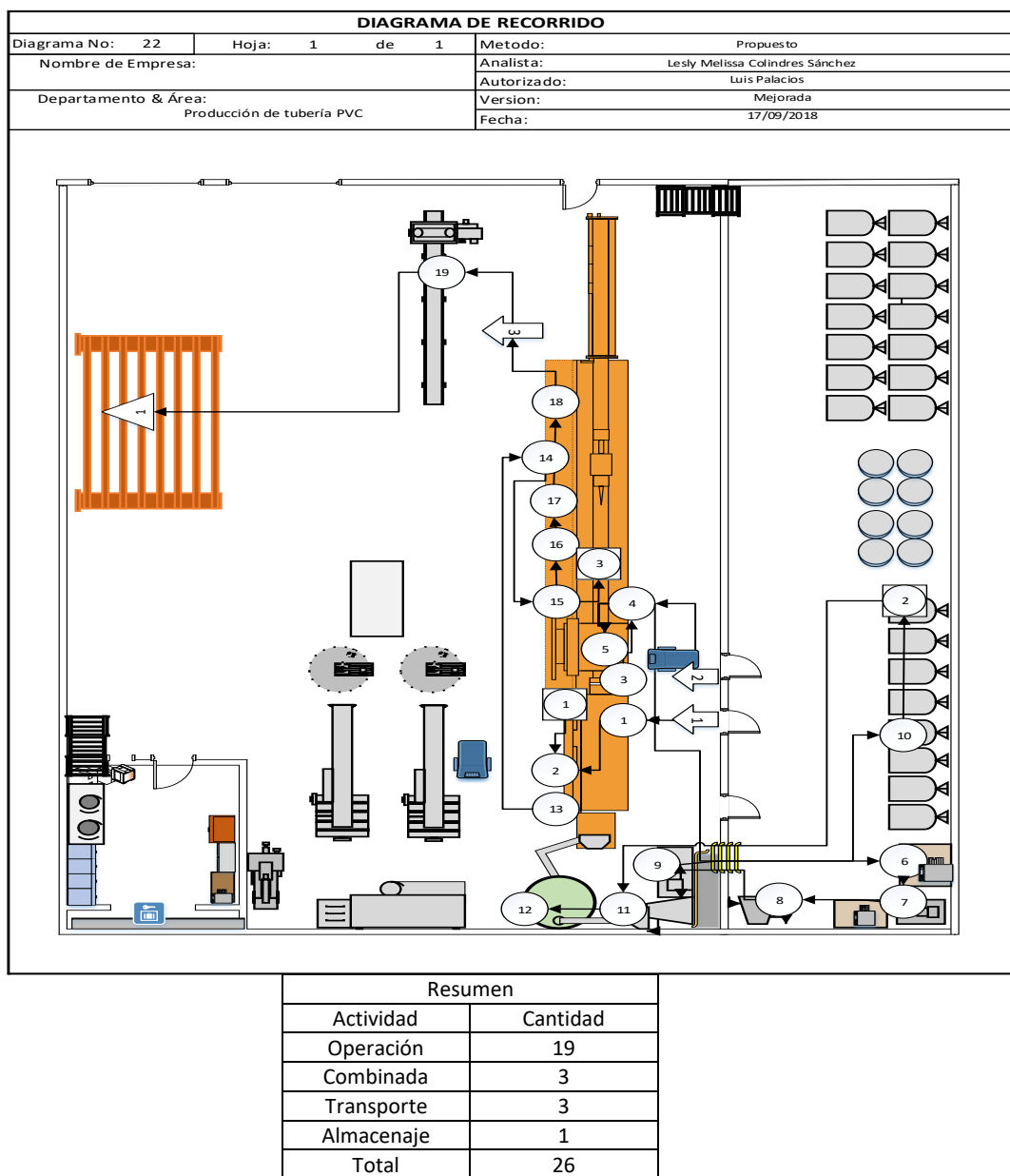
Basado en la metodología 5s de mejora continua, se muestran las actividades implementadas dentro de la fábrica de producción:

- Se clasificaron los materiales y herramientas indispensables para los procesos en sus cuartos asignados desechando todo lo que no es útil.
- El tanque de enfriamiento se colocó cerca del área de empaque, ya que facilitaba el ritmo de trabajo.
- Se trasladó la trituradora y pulverizadora fuera de la planta, a manera de disminuir las molestias que provocaban.

4.5.2. Diagramas de recorrido

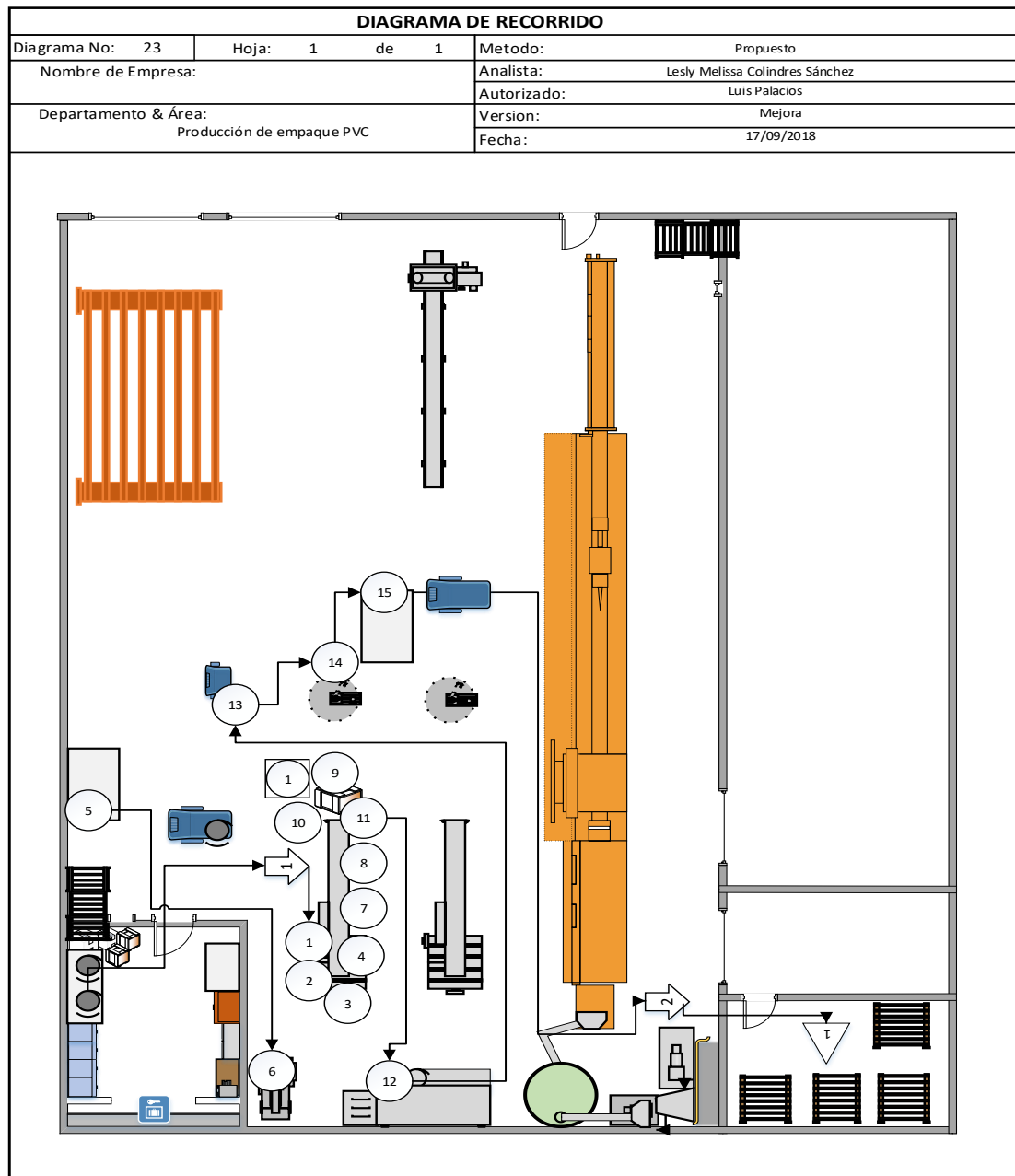
Para visualizar de mejor manera el desarrollo de los procesos, se grafica el recorrido que los operarios realizan en cada una de las líneas de producción, esto permite visualizar la factibilidad de la distribución asignada.

Figura 49. Diagrama de recorrido propuesto para tubería



Fuente: elaboración propia.

Figura 50. Diagrama de recorrido propuesto para empaque



Resumen	
Actividad	Cantidad
Operación	15
Combinada	1
Transporte	2
Almacenaje	1
Total	19

Fuente: elaboración propia.

4.6. Generación de indicadores

Los indicadores deben mostrar relación entre dos o más variables, brindando así evidencia de determinadas condiciones o logro de ciertos resultados, según Besterfield (2009). Para manejar un mejor control dentro de la planta de producción es importante generar información que confirme si los objetivos planteados están siendo alcanzados, de lo contrario se podrán re plantear e idear nuevas estrategias.

4.6.1. Indicadores de Capacidad

La extrusora para tubería tiene una capacidad de producción de 12 tubos/hora, laborando 24 horas/día esto genera 294 tubos/día, con la reducción de tiempos y actividades en el arranque de la maquinaria se llega a producir 264 tubos, contando con un 90% de su capacidad.

$$Ic = \frac{\textit{Capacidad utilizada}}{\textit{Capacidad máxima del recurso}} \times 100$$

Capacidad en la línea de tubería:

$$Ic = \frac{264 \textit{ tubos}}{294 \textit{ tubos}} \times 100 = 89.79\% \approx \mathbf{90\%}$$

Capacidad en la línea de empaque:

$$Ic = \frac{40 \textit{ rollos}}{68 \textit{ rollos}} \times 100 = 58.82\% \approx \mathbf{59\%}$$

La extrusión de empaque tiene una capacidad de 68 rollos/día, en condiciones ideales, sin embargo, debido a las limitaciones económicas y energéticas se tiene una producción de 40 rollos/día, dando como resultado un aumento de 59% de su capacidad.

4.6.2. Indicadores de productividad

Se espera que la aplicación de todas las operaciones y técnicas propuestas permitan una metodología de mejora continua dentro de la empresa, por lo que es importante contar con indicadores que sean de utilidad en futuros estudios, para ello en la tabla 32 se pueden observar los porcentajes obtenidos de los resultados de productividad.

$$V\% = \frac{\text{Productividad Propuesta} - \text{Productividad actual}}{\text{Productividad Propuesta}} \times 100$$

Tabla 32. Porcentaje de variación con base en propuesta

Tubería	Empaque
$V\%Tubería = \frac{0.80 - 0.33}{0.80} \times 100 =$ $58.75\% \approx 59\%$	$V\%Empaque = \frac{0.32 - 0.16}{0.32} \times 100 =$ $50\% \approx 50\%$

Fuente: elaboración propia.

La variación porcentual muestra que tanto ha incrementado la productividad de los procesos con el diseño propuesto, como se observa anteriormente el proceso de tubería presenta el mayor aumento, esto debido a que se establecieron estándares en la formulación y mezcla del producto, disminuyendo las fallas en el material, teniendo un porcentaje de aceptación del 59%. El proceso de empaque presentaba menos irregularidades en su proceso sin embargo se presentan factores externos limitantes por lo que se obtuvo una variación del 50% en el desempeño.

5. CONTROL DE CALIDAD Y 5S

5.1. Sistema de gestión de calidad

Tal como Cantú (2006) explica el desarrollo de una cultura de calidad, para poder desarrollar un sistema de gestión de calidad es importante tomar en cuenta cada uno de los elementos que integran a una empresa, estructura organizacional, planificación, recursos, procesos y procedimientos, el contar con este tipo de sistemas requiere de un compromiso sumamente alto por parte de la empresa y sus colaboradores, fortaleciendo la implementación de los estándares anteriormente definidos. Para determinar alternativas de mejora basado en el diseño de gestión de calidad, es importante diagnosticar prioritariamente las condiciones dentro de la empresa y analizar el funcionamiento de cada una de las áreas a manera de establecer las medidas adecuadas.

Estructura organizacional: representa todas las funciones y responsabilidades establecidas jerárquicamente para el logro de los objetivos dentro de la organización, por ello se trabajó en conjunto con la empresa para fijar perfiles adecuados a los diferentes puestos desarrollados dentro de la misma, plasmados en el apartado 2.3 de este documento, con el objetivo de evitar conflicto de intereses y desviación de información dentro de las áreas de trabajo.

Planificación: conjunto de actividades que la organización traza para obtener los resultados planteados, el contar con un plan permite controlar todo tipo de consecuencia o complicación que se de en el camino. Es importante que la empresa programe y planifique cada una de las decisiones a tomar en el caso de producción, que es el área con mayores repercusiones en este aspecto, esto permitirá dejar a un lado las acciones correctivas y empezar a actuar de manera preventiva.

Recursos: es todo aquello necesario para la obtención de objetivos, tales como: maquinaria, herramientas e infraestructura, la optimización de recursos tanto en administración como en producción genera grandes cambios en la obtención de resultados, por ello se busca que la distribución de la maquinaria y herramientas se mantenga distribuida eficientemente, a manera de no afectar el desarrollo de los procesos, cada uno de los aspectos deben estar sincronizados para el correcto funcionamiento.

Procesos: actividades en conjunto que transforman elementos en productos o servicios y es fundamental identificar los procesos a realizar, para ello el uso de diagramas de procesos y herramientas que faciliten la comprensión del mismo, el responsable de producción debe encargarse que cada uno de los colaboradores conozcan y entiendan los procedimientos a seguir y la mejor manera de desempeñarlos. Administración debe generar la información necesaria para saber si los procesos son factibles o es necesario planificar cambios.

Procedimientos: son los pasos necesarios para llevar a cabo la transformación de elementos, estos representan la manera de llevar a cabo un proceso. El documentar los procedimientos es parte fundamental en una gestión de calidad, brinda información necesaria para que el operario pueda desempeñar de una mejor manera su trabajo, así como permite llevar un control detallado de posibles fallas. La documentación de procedimientos, procesos y diagnósticos dentro de la empresa permite adentrarse en una mejora continua, en donde cada dato o indicador es necesario para analizar posibles causas y efectos que limiten el cumplimiento de objetivos trazados.

5.1.1. Lineamientos seis sigma

En la siguiente tabla se definen varios lineamientos que como empresa es importante desarrollar para un crecimiento integral y duradero.

Tabla 33. Lineamientos basados en la metodología 6 σ

LINEAMIENTOS PARA LA EMPRESA

1. La metodología seis sigma implica cambios en la manera de realizar operaciones y toma de decisiones, ya que las estrategias deben ser apoyadas y comprometidas desde los niveles más altos de la organización.
2. La forma adecuada de manifestar un compromiso por la implementación de nuevas estrategias de mejora es creando una estructura de liderazgo, por lo tanto es importante que los encargados de cada área desempeñe un rol dentro de esta metodología propuesta, cada líder contará con responsabilidades específicas para la formulación en conjunto de proyectos de mejora.
3. Cada uno de los integrantes de la estructura de liderazgo debe permanecer en constante aprendizaje y entrenamientos específicos de su área a mejorar.
4. Dicha metodología busca que cada uno de los procesos de fabricación cumplan con los requerimientos del cliente, dejando a un lado los defectos, por lo tanto se busca profundizar en el entendimiento y atención a las necesidades de los clientes, brindando productos de calidad.
5. La generación de datos, indicadores y gráficos orientan los esfuerzos a una toma de decisiones acertada a las necesidades de la producción, determinando toda variabilidad dentro de los procesos y el área específica a mejorar.

Fuente: elaboración propia.

5.1.2. Gráficos de control

A continuación, se muestran datos recolectados durante el proceso productivo de tubería, basado en la información propuesta, se registraron los pesos obtenidos en diferentes ocasiones de una probeta de 60cm de longitud de tubería ducto pluvial de 3pulg.

El peso ideal para tubería ducto pluvial de 3pulg es de 3.162 kg y se tiene una tolerancia de ± 0.05 , para controlar la producción se hace uso de gráficos de control X-R para 3σ . Como se muestra en la tabla 35.

Tabla 34. Muestreo de peso en ducto pluvial 3''

No.	DATOS DE PESO EN DUCTO PLUVIAL 3''				
	1	2	3	4	5
1	3.096	3.182	3.176	3.102	3.066
2	3.114	3.197	3.166	3.119	3.097
3	3.124	3.208	3.152	3.125	3.121
4	3.182	3.215	3.181	3.158	3.138
5	3.195	3.230	3.189	3.171	3.157
6	3.212	3.176	3.167	3.179	3.182
7	3.164	3.169	3.158	3.185	3.191
8	3.162	3.181	3.142	3.211	3.199
9	3.157	3.194	3.077	3.142	3.167
10	3.148	3.214	3.104	3.126	3.173
11	3.114	3.242	3.118	3.118	3.184
12	3.108	3.206	3.124	3.147	3.205
13	3.114	3.195	3.143	3.188	3.209
14	3.132	3.175	3.155	3.202	3.227
15	3.124	3.151	3.187	3.216	3.210
16	3.098	3.143	3.202	3.232	3.177
17	3.104	3.118	3.217	3.192	3.154
18	3.155	3.106	3.223	3.188	3.132
19	3.167	3.092	3.231	3.157	3.127
20	3.192	3.122	3.159	3.168	3.087
21	3.186	3.134	3.168	3.172	3.112
22	3.175	3.139	3.172	3.179	3.136
23	3.166	3.182	3.194	3.202	3.142
24	3.153	3.207	3.213	3.222	3.168
25	3.148	3.222	3.221	3.185	3.172

Fuente: elaboración propia.

Con estos datos se busca manejar una base de datos que permita analizar el control del peso ideal para cada tubería, registrando cada cambio e identificando sus posibles causas, esto permite manejar un estándar de calidad aceptable.

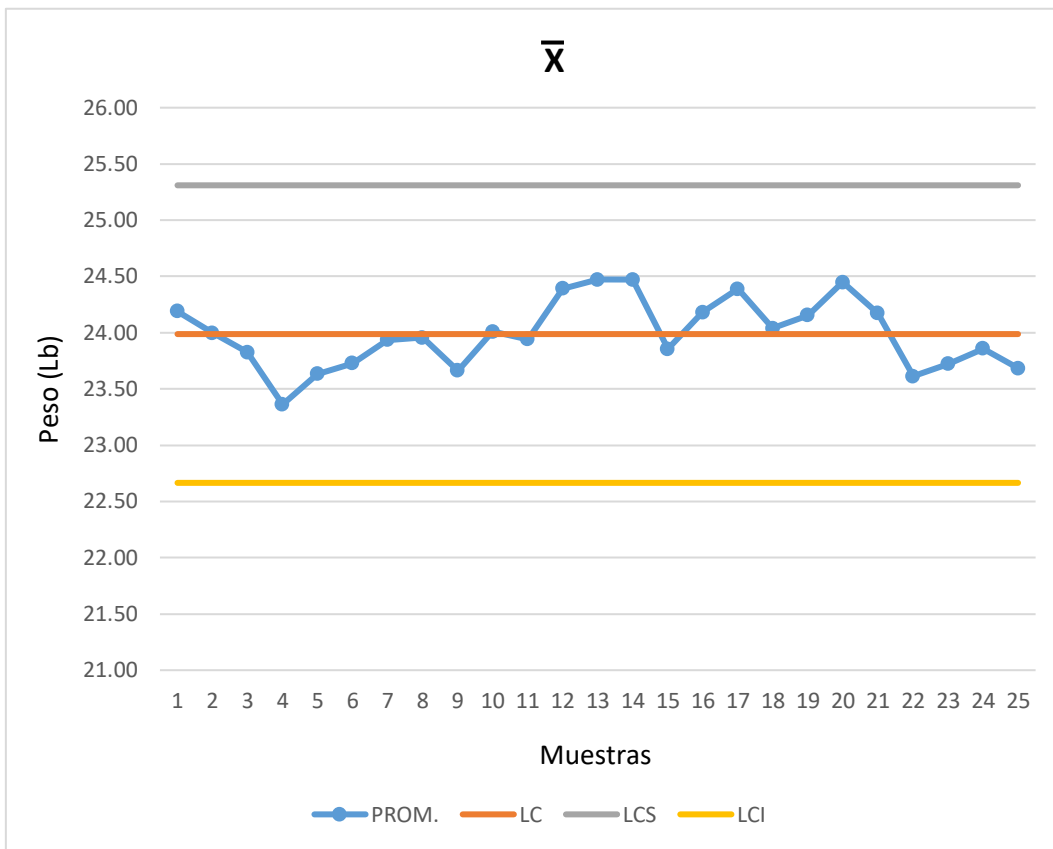
Tabla 35. Medias y rangos para gráfico de control de tubería

DATOS DE MEDIAS				DATOS DE RANGO			
PROM.	LC	LCS	LCI	RANGO	LCR	LCS	LCI
3.124	3.164	3.217	3.112	0.116	0.091	0.191	0
3.139	3.164	3.217	3.112	0.100	0.091	0.191	0
3.146	3.164	3.217	3.112	0.087	0.091	0.191	0
3.175	3.164	3.217	3.112	0.077	0.091	0.191	0
3.188	3.164	3.217	3.112	0.073	0.091	0.191	0
3.183	3.164	3.217	3.112	0.045	0.091	0.191	0
3.173	3.164	3.217	3.112	0.033	0.091	0.191	0
3.179	3.164	3.217	3.112	0.069	0.091	0.191	0
3.147	3.164	3.217	3.112	0.117	0.091	0.191	0
3.153	3.164	3.217	3.112	0.110	0.091	0.191	0
3.155	3.164	3.217	3.112	0.128	0.091	0.191	0
3.158	3.164	3.217	3.112	0.098	0.091	0.191	0
3.170	3.164	3.217	3.112	0.095	0.091	0.191	0
3.178	3.164	3.217	3.112	0.095	0.091	0.191	0
3.178	3.164	3.217	3.112	0.092	0.091	0.191	0
3.170	3.164	3.217	3.112	0.134	0.091	0.191	0
3.157	3.164	3.217	3.112	0.113	0.091	0.191	0
3.161	3.164	3.217	3.112	0.117	0.091	0.191	0
3.155	3.164	3.217	3.112	0.139	0.091	0.191	0
3.146	3.164	3.217	3.112	0.105	0.091	0.191	0
3.154	3.164	3.217	3.112	0.074	0.091	0.191	0
3.160	3.164	3.217	3.112	0.043	0.091	0.191	0
3.177	3.164	3.217	3.112	0.060	0.091	0.191	0
3.193	3.164	3.217	3.112	0.069	0.091	0.191	0
3.190	3.164	3.217	3.112	0.074	0.091	0.191	0

Fuente: elaboración propia.

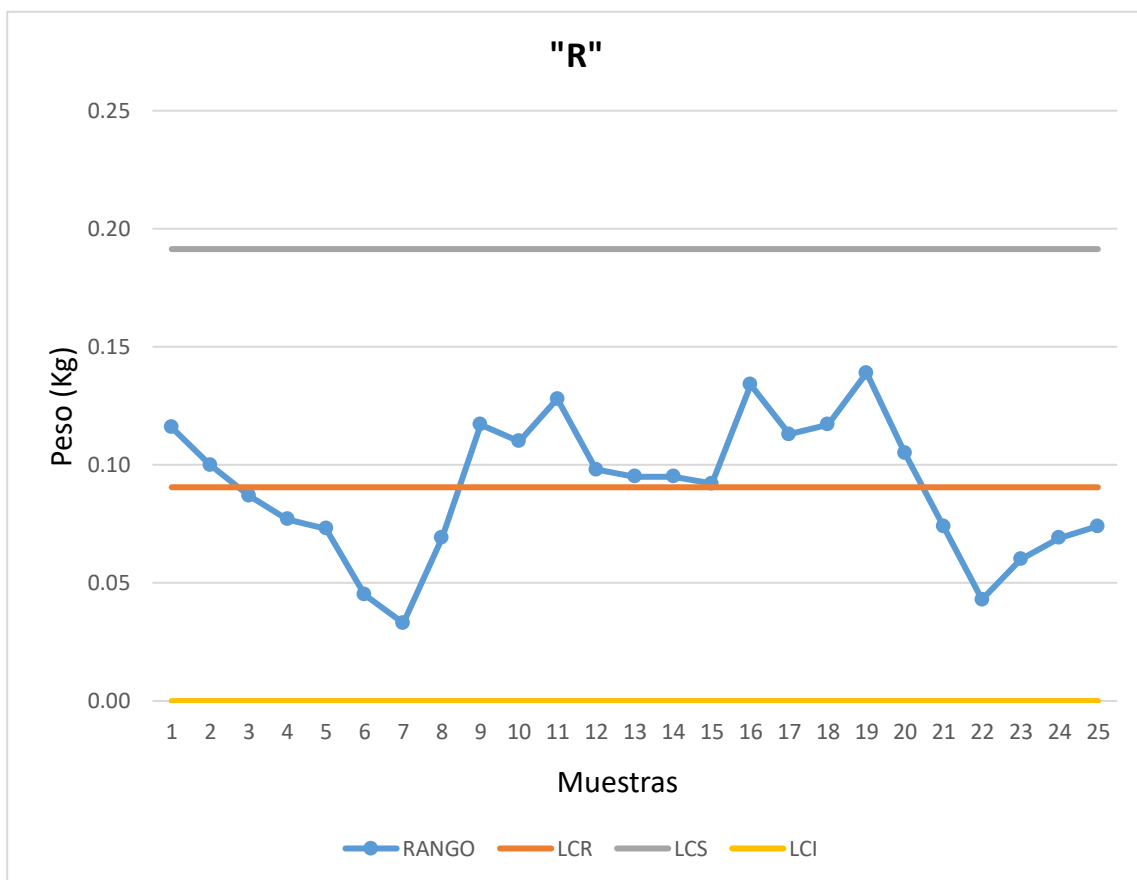
Los gráficos de control del tipo \bar{X} nos permiten conocer si nuestros resultados se encuentran dentro de la tolerancia fijada y si sus variaciones son estables, esto sin la necesidad de medir cada uno de los productos.

Gráfico 2. Gráfico de control para tubería



Fuente: elaboración propia.

Gráfico 3. Gráfico de control para tubería



Fuente: elaboración propia.

Los gráficos muestran las diferentes variaciones en el peso de la tubería sin embargo ninguno de los puntos está fuera de los límites por lo que el proceso se considera estable, sin embargo, la muestra número 1 del gráfico X se encuentra muy próxima al límite inferior, así como la muestra número 7 del gráfico R, lo que quiere decir que el peso estuvo muy por debajo de su peso ideal.

En la tabla 36, se muestran datos recolectados durante la producción de empaque, estos enfocados en el peso ideal para un rollo de tipo batiente, siendo el peso normal de 24.40 lb, con una tolerancia de ± 0.05 . Para controlar la producción se hace uso de gráficos de control X-R para 3σ . Los datos son mostrados en las tablas siguientes.

Tabla 36. Muestreo de peso en empaque batiente

No.	DATOS DE PESO EN EMPAQUE BATIENTE				
	1	2	3	4	5
1	22.629	25.625	22.718	24.496	25.486
2	22.976	25.089	22.820	24.286	24.809
3	23.215	24.705	22.976	23.715	24.510
4	23.809	23.922	22.494	22.682	23.904
5	23.513	24.352	23.805	22.918	23.574
6	22.441	25.476	23.312	23.517	23.894
7	23.752	25.321	23.926	23.812	22.867
8	23.929	25.042	23.751	24.265	22.798
9	23.274	23.748	24.422	24.226	22.639
10	23.511	23.929	24.784	24.456	23.372
11	24.352	22.917	24.491	24.359	23.581
12	25.056	22.978	25.119	24.451	24.351
13	25.298	22.638	25.076	25.216	24.126
14	25.595	23.372	22.714	25.605	25.074
15	24.345	24.448	22.621	22.589	25.271
16	24.704	24.703	23.523	22.762	25.219
17	23.556	25.291	23.275	24.251	25.563
18	22.897	24.971	23.391	23.953	24.982
19	22.542	24.535	24.363	25.214	24.123
20	23.374	24.462	24.252	25.446	24.705
21	23.936	23.395	25.033	25.574	22.929
22	23.581	23.391	22.984	25.121	22.987
23	25.578	23.089	23.874	23.361	22.709
24	25.596	22.716	23.087	24.152	23.741
25	25.317	22.854	23.134	23.213	23.894

Fuente: elaboración propia.

Se recolectaron muestras de empaque de un metro de longitud en diferentes ocasiones hasta cumplir con la información necesaria, con el fin de identificar posibles incidentes que a simple vista es difícil percibir.

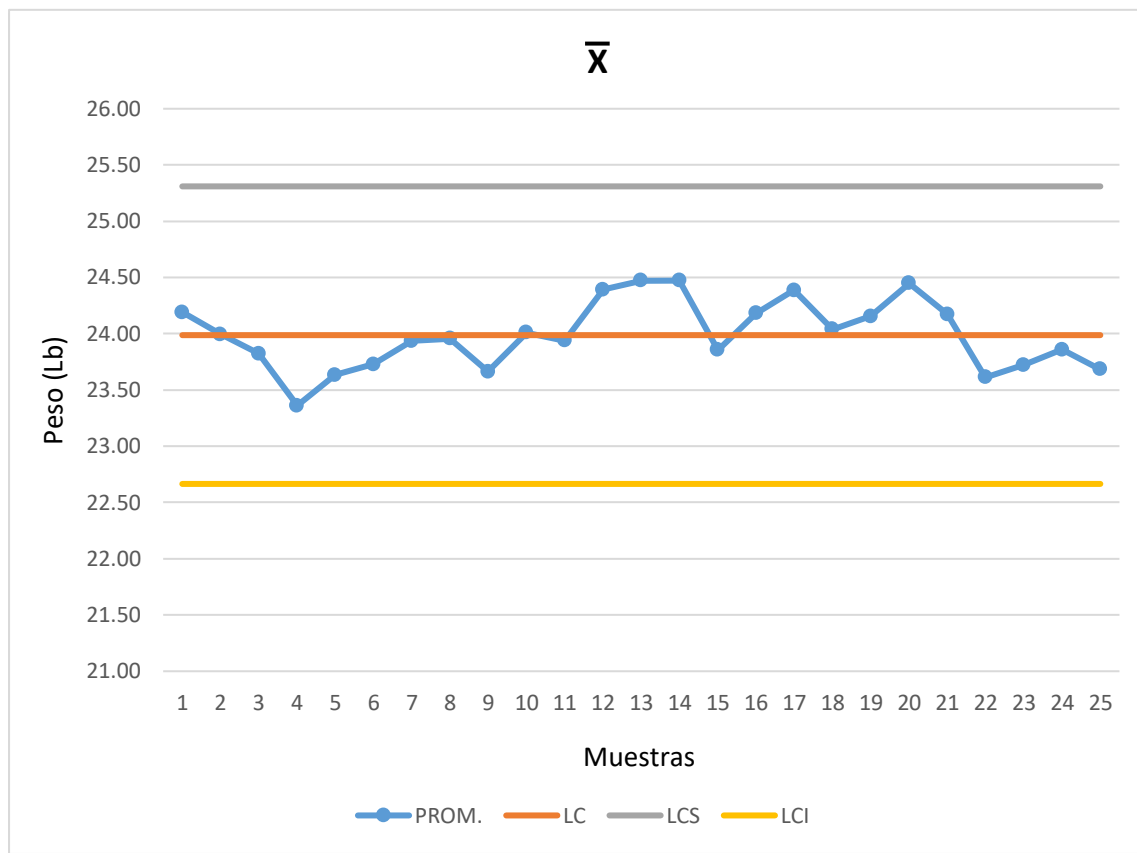
Tabla 37. Medias y rangos para gráficos de control

DATOS DE MEDIAS				DATOS DE RANGO			
PROM.	LC	LCS	LCI	RANGO	LCR	LCS	LCI
24.191	23.988	25.310	22.665	2.996	2.292	4.846	0
23.996	23.988	25.310	22.665	2.269	2.292	4.846	0
23.824	23.988	25.310	22.665	1.729	2.292	4.846	0
23.362	23.988	25.310	22.665	1.428	2.292	4.846	0
23.632	23.988	25.310	22.665	1.434	2.292	4.846	0
23.728	23.988	25.310	22.665	3.035	2.292	4.846	0
23.936	23.988	25.310	22.665	2.454	2.292	4.846	0
23.957	23.988	25.310	22.665	2.244	2.292	4.846	0
23.662	23.988	25.310	22.665	1.783	2.292	4.846	0
24.010	23.988	25.310	22.665	1.412	2.292	4.846	0
23.940	23.988	25.310	22.665	1.574	2.292	4.846	0
24.391	23.988	25.310	22.665	2.141	2.292	4.846	0
24.471	23.988	25.310	22.665	2.660	2.292	4.846	0
24.472	23.988	25.310	22.665	2.891	2.292	4.846	0
23.855	23.988	25.310	22.665	2.682	2.292	4.846	0
24.182	23.988	25.310	22.665	2.457	2.292	4.846	0
24.387	23.988	25.310	22.665	2.288	2.292	4.846	0
24.039	23.988	25.310	22.665	2.085	2.292	4.846	0
24.155	23.988	25.310	22.665	2.672	2.292	4.846	0
24.448	23.988	25.310	22.665	2.072	2.292	4.846	0
24.173	23.988	25.310	22.665	2.645	2.292	4.846	0
23.613	23.988	25.310	22.665	2.137	2.292	4.846	0
23.722	23.988	25.310	22.665	2.869	2.292	4.846	0
23.858	23.988	25.310	22.665	2.880	2.292	4.846	0
23.682	23.988	25.310	22.665	2.463	2.292	4.846	0

Fuente: elaboración propia.

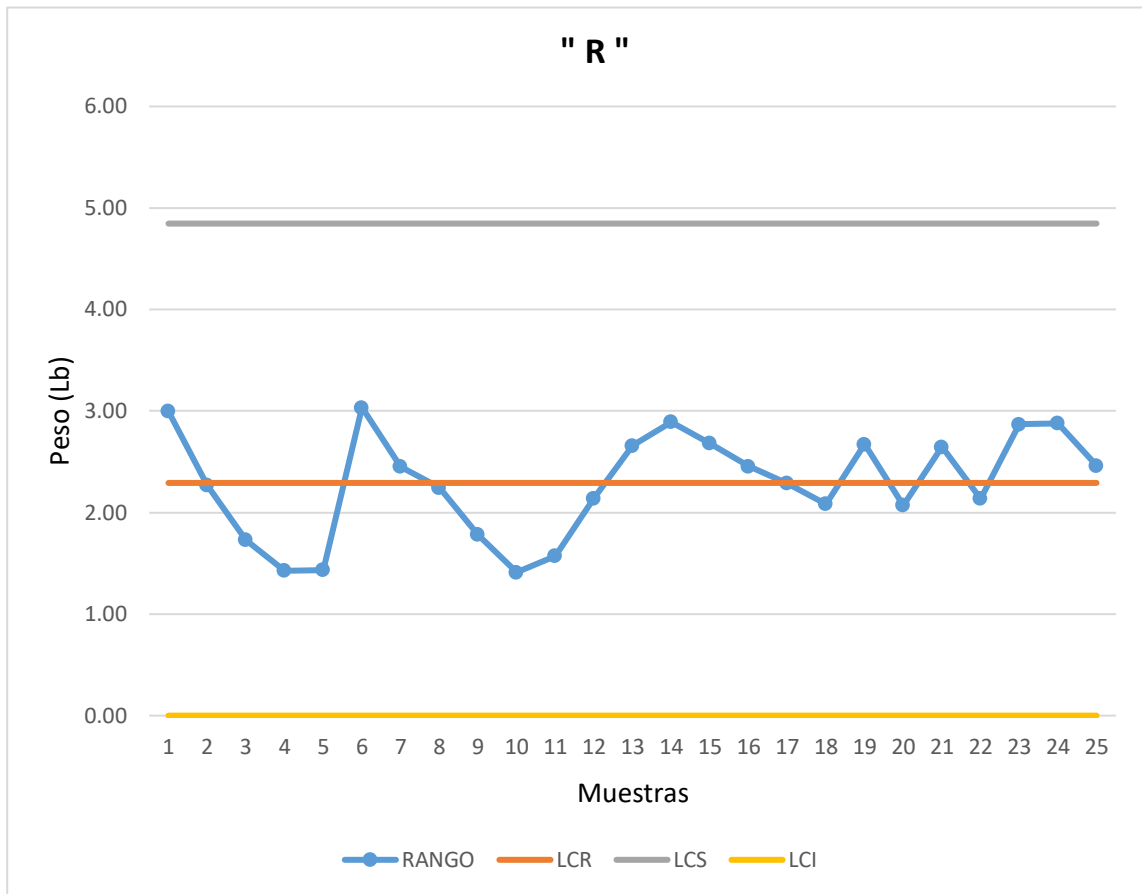
Por medio de los siguientes gráficos de control \bar{X} se mide la variación de las medias muestrales plasmadas en las tablas No. 36 y 37, analizando la estabilidad del peso final de tubo y empaque en base a lo establecido por la empresa.

Gráfico 4. Gráfico de control para empaque



Fuente: elaboración propia.

Gráfico 5. Gráfico de control para empaque



Fuente: elaboración propia.

Los gráficos muestran que el proceso se presenta estable, es decir que ninguna de las muestras sobrepasa los límites de control, en comparación a los datos de tubería, los pesos del empaque se presentan con menos irregularidades, sin embargo, ambos se encuentran dentro de los límites y es importante su monitoreo.

5.1.3. Fichas de control

Con el establecimiento de parámetros es importante generar la información necesaria para el control constante de los resultados, esto a su vez ayudará al análisis de futuras mejoras en los procesos. Para ello se diseñaron fichas de control para las diferentes actividades, el encargado de producción será el responsable de proporcionar y analizar dicha información.

Tabla 38. Ficha de control para producción de empaque

FICHA DE CONTROL DE PRODUCCIÓN DE EMPAQUE													
No.	FECHA	TIPO DE EMPAQUE	COLOR	PESO (Lb)	METROS	COLORANTE (Kg)	UNIDADES PRODUCIDAS	TURNO	MÁQUINA	PAROS/MÁQUINA	DESECHO		ENCARGADO
											Unidades	Causa	
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
CAUSAS DE DESECHO		PAROS DE MAQUINARIA		OBSERVACIONES									
1. Defectos del producto		1. Obstrucción en dados											
2. Cambio de color		2. Problemas de calentamiento											
3. Cambio de dado		3. Programación de maquinaria											
4. Peso irregular		4. Problemas en Generador											

Fuente: elaboración propia.

Tabla 39. Ficha de control de producción para tubo

FICHA DE CONTROL DE PRODUCCIÓN DE TUBERÍA													
No.	FECHA	TIPO DE TUBERÍA	COLOR	PESO (Kg)	METROS	ESPESOR	UNIDADES PRODUCIDAS	TURNO	UNIDADES CON COPLA	PAROS/MÁQUINA	DESECHO		ENCARGADO
											Unidades	Causa	
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													
14													
15													
16													
17													
18													
19													
20													
CAUSAS DE DESECHO			PAROS DE MAQUINARIA			OBSERVACIONES							
1. Defectos del producto			1. Obstrucción en dados										
2. Cambio de color			2. Problemas de calentamiento										
3. Cambio de dado			3. Programación de maquinaria										
4. Peso irregular			4. Problemas en Generador										

Fuente: elaboración propia.

El encargado de producción deberá entregar al inicio de cada turno de trabajo las fichas de control mostradas, esto generará la información suficiente para tomar decisiones preventivas y analizar el cumplimiento de objetivos, así como verificar los resultados de propuestas implementadas, es indispensable manejar una producción estable y esto forma parte de una cultura de mejora continua, se pretende que el personal tome como disciplina la recolección de datos y el estudio constante del comportamiento de la producción.

El empaque de vinilo y la tubería de PVC es de los productos más comerciales en la región, sin embargo, las variaciones en su estado final afectan fuertemente en su utilidad, por lo tanto, una irregularidad provoca serias inconformidades en los clientes, para ello se proporciona al área de producción fichas que permitan llevar un control correctivo antes de la entrega final.

Tabla 40. Programación de producción para empaque

PROGRAMACIÓN DE PRODUCCIÓN DE EMPAQUE																	
No.	Fecha	Encargado	TIPO DE EMPAQUE	Orden de producción	Total a producir	Eficiencia											
						Peso Unidad	lbs producidas	lbs pendientes	Producción por hora	Tiempo de arranque	NO. PAROS	Total/Horas en pedido	Fecha de entrada a prod.	Fecha de solicitud	Fecha de salida de prod.	Fecha de entrega	
1																	
2																	
3																	
4																	
5																	
6																	
7																	
8																	
9																	
10																	
CAUSAS DE DESECHO			CAUSAS DE PAROS			OBSERVACIONES										FIRMA DE PRODUCCIÓN	
1. Defectos del producto			1. Obstrucción en dados														
2. Cambio de color			2. Problemas de calentamiento														
3. Cambio de dado			3. Programación de maquinaria														
4. Peso irregular			4. Problemas en Generador														

Fuente: elaboración propia.

Tabla 41. Ficha de programación de producción para tubo

PROGRAMACIÓN DE PRODUCCIÓN DE TUBERÍA																	
No.	Fecha	Encargado	Producto	Orden de producción	Total a producir	Unidades fabricadas	Eficiencia										
							Peso Unidad	Kilos producidos	Kilos pendientes	Producción por hora	Tiempo de arranque	Total/Horas en pedido	No. De Paros	Fecha de inicio	Hora de inicio	Fecha de fin	Hora de fin
1																	
2																	
3																	
4																	
5																	
6																	
7																	
8																	
9																	
10																	
CAUSAS DE DESECHO			CAUSAS DE PAROS			OBSERVACIONES										FIRMA DE PRODUCCIÓN	
1. Defectos del producto			1. Obstrucción en dados														
2. Cambio de color			2. Problemas de calentamiento														
3. Cambio de dado			3. Programación de maquinaria														
4. Peso irregular			4. Problemas en Generador														

Fuente: elaboración propia.

5.2. Implementación de fichas técnicas por producto

Tabla 42. Ficha técnica para tubo

TUBERÍA DE PVC -DUCTO PLUVIAL 3" NARANJA-	
FOTOGRAFÍA	DESCIPCIÓN DEL PRODUCTO
	Es un tubo PVC diseñado para aguas pluviales transportando las aguas de lluvia captadas en las azoteas hasta el colector.
MATERIA PRIMA:	Pvc, calcio light, acr, renol, cpe, ácido estearico, wax, estabilizador, conector, colorante.
INSUMOS:	Solvente (V705-D), Tinta (V410-D).
PRODUCCIÓN POR HORA:	20 unidades
NORMAS:	ASTM D638 , ASTM D790
PESO:	3.162 Kg
ESPESOR:	1.90 MM
RENDIMIENTO POR TONELADA:	316 unidades
ESPECIFICACIONES DE MATERIA PRIMA	
Materia	Peso
PVC RECINA	40 Kg
Reciclado	10 kg
CALCIO LIGHT	26 Kg
ACR	0.8 Kg
RENOL	0.012 Kg
CPE 135A	4 Kg
ÁCIDO ESTEÁRICO	0.4 Kg
WAX	0.24 Kg
ESTABILIZADOR	2 Kg
CONECTOR	0.0004 Kg
COLORANTE	0.1 Kg
PESO NETO	83.552 Kg


Continuación de Tabla 42.

ESPECIFICACIONES DE INSUMO		
Insumos	Capacidad	
Solvente (V705-D)	750 ml	
Tinta (V410-D)	750 ml	
ESPECIFICACIONES DE MAQUINARIA		
Elemento	ESTADO	TEMPERATURA
Screw rod oil heat	OFF	-----
Feed drum heat 1	ON	178 °C
Feed drum heat 2	ON	185 °C
Feed drum heat 3	ON	180 °C
Feed drum heat 4	ON	185 °C
Core heat	ON	176 °C
Mold heat 1	ON	170 °C
Mold heat 2	OFF	-----
Mold heat 3	OFF	-----
Mold heat 4	OFF	-----
Mold heat 5	OFF	-----
Melt pressure	ON	-----
ELEMENTO		ESTADO
Blower star	ON	
Water pum star	ON	
Vacuum pump 1	ON	
Vacuum pump 2	OFF	
Vacuum pump 3	OFF	
Vacuum pump 4	OFF	
Spedd setting	1.74	
Caterpillar clamp	ON	
ELEMENTO		MEDICIÓN
Host machine current	63 Amp.	
Fedd current	6.3 Hz	
Host machine speed	24.5 Hz	
Feed speed	12.5 Hz	

Fuente: elaboración propia.

Las fichas técnicas mostradas en las Tablas 43 y 44, son herramientas para el encargado de producción y futuras oportunidades a nivel comercial para la empresa, brindan el resumen de la información necesaria para conocer el origen, preparación, costo y utilidad del producto de una forma práctica y ordenada.

Tabla 43. Ficha técnica para empaque

EMPAQUE DE VIÑO BATIENTE		
FOTOGRAFÍA	DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	
	Es un empaque de PVC que se utiliza para fijar cristales en ventanal comercial, residencial y arquitectónico, así como para evitar el paso del agua, polvo y aire.	
MATERIA PRIMA:	Pvc flexible o reciclado, colorante.	
PRODUCCIÓN POR HORA:	2 unidades	
PESO:	24.40 lb	
METRAJE:	270 m	
RENDIMIENTO POR TONELADA:	90 unidades	
ESPECIFICACIONES DE MATERIA PRIMA		
Materia	Peso	
PVC Flexible	12.50 Kg	
Colorante	0.010 Kg	
PESO NETO	12.51 Kg	
ESPECIFICACIONES DE MAQUINARIA		
ELEMENTOS	ESTADO	TEMPERATURA
Feed drum heat 1	ON	145 °C
Feed drum heat 2	ON	140 °C
Feed drum heat 3	ON	139 °C
Mold heat 1	ON	138 °C
ELEMENTOS	MEDICIÓN	
Speed setting	41.36 Hz	

Fuente: elaboración propia.

Las fichas mostradas anteriormente también proporcionan la información necesaria para la elaboración de cada uno de los productos, agilizando los procesos de formulación y preparación de maquinaria en casos de nuevo ingreso, que a su vez representa una herramienta de comercialización para la empresa, claro exceptuando datos específicos de formulación, pero esto genera confianza en el cliente, brindándole la información necesaria para realizar la mejor opción de compra.

5.2.1. Establecimiento de especificaciones y medidas estándar

La estabilización del material depende en gran parte a la formulación utilizada, por lo tanto, al mejorar las especificaciones de materiales se obtiene una disminución en los retrasos de preparación y extrusión.

Tabla 44. Muestreo de especificaciones para maquinaria

Muestreo de especificaciones de maquinaria para empaque						
No.	Resistencia 1	Resistencia 2	Resistencia 3	Mold Heat °C	Feed speed	Aceptación del material
1	145	140	139	185	32.79	65%
2	141	136	133	130	48.50	75%
3	136	140	140	142	48.19	65%
4	158	148	138	110	37.14	65%
5	140	138	134	124	48.77	85%
6	140	137	131	124	45.84	80%
7	140	136	140	122	33.25	70%
8	130	132	133	128	40.95	70%
9	137	133	135	124	34.06	65%
10	145	140	139	138	41.36	90%

Fuente: elaboración propia.

Las temperaturas son parte fundamental de la extrusión, tanto para la obtención de un buen producto como para el tiempo de vida de la maquinaria, por lo que es importante analizar constantemente las especificaciones utilizadas, estas pueden variar con forme a los cambios climáticos de la región.

Tabla 45. Muestreo de especificaciones para maquinaria

Muestreo de especificaciones de maquinaria para tubería												
No.	R1	R2	R3	R4	Mold Heat °C	Core Heat 1 °C	Feed speed	HMS	Feed Current	HMC	Speed Setting	Aceptación del material
1	178	185	180	185	170	176	12.50	24.50	6.30	63.00	1.74	65%
2	178	181	178	171	190	168	14.00	17.10	7.10	56.57	1.75	60%
3	178	181	178	171	173	168	9.00	20.00	4.50	58.00	1.66	95%
4	178	178	185	184	165	172	12.20	24.50	6.20	56.00	1.65	75%
5	178	182	178	171	175	168	12.70	21.60	6.50	55.00	2.05	85%

Fuente: elaboración propia.

Las especificaciones fueron analizadas con la ayuda del propietario de la empresa, ya que las reacciones químicas deben ser estudiadas y asesoradas en compañía de una persona completamente capacitada en el tema.

Tabla 46. Especificaciones de Materia prima para tubo

No.	Materia prima	Medida (kg)	% /Resina PVC
1	PVC Resina	40	
2	Reciclado	10	25%
3	Calcio	26	65%
4	ACR	0.8	2.00%
5	Renol	0.012	0.03%
6	CPE	4	10%
7	Ácido Esteárico	0.4	1.0%
8	Estabilizador	2	5%
9	WAX	0.24	0.6%
10	Conector	0.0004	0.001%
11	Colorante	0.1	0.25%
TOTAL		83.5524	

Fuente: elaboración propia.

Fueron analizados los datos de maquinaria empleados durante la producción de tubería y empaque, así como los resultados obtenidos en el material al momento de utilizar dichas especificaciones, las ponderaciones de aceptación fueron asignadas con base a la cantidad de productos satisfactorios obtenidos y a las irregularidades presentadas en el material de extrusión.

Para el establecimiento de especificaciones estándar y la elaboración de fichas técnicas son asignadas las medidas con mayor aceptación en material, así también las medidas de materia prima fueron establecidas mediante los porcentajes adecuados de formulación con la cual el material no sufre daño, sin embargo con la implementación de control de paros y defectos en cada etapa del proceso se facilita diagnosticar la fuente del problema, analizando nuevamente el listado de especificaciones establecidas.

5.3. Técnicas 5S

Responsabilidades para la implementación de las 5S

- Educar al personal sobre los principios de las 5 S y su debido mantenimiento.
- Crear un equipo líder para la Implementación de dicha filosofía.
- Suministrar los recursos necesarios para la implantación de las 5S
- Motivar al personal y participar comprometidamente en la promoción de sus actividades.
- Evaluar el progreso y evolución de la implementación en cada área de trabajo.
- Continuar con el aprendizaje sobre el establecimiento de las 5S.
- Realizar auditorías de rutina y participar en la elaboración de planes de mejoras continuas.

Tabla 47. Diagrama de implementación de etapas de 5'S

5'S	LIMPIEZA	OPTIMIZACIÓN	FORMALIZACIÓN	FIN
CLASIFICAR	Separar todos los elementos que si son de utilidad para los procesos de producción.	Clasificar herramientas y materiales que son prioritarios para la transformación de los productos.	Establecer normas para un ordenamiento satisfactorio y supervisar el cumplimiento del mismo.	ESTABILIZAR
ORDEN	Deshacerse de todo aquello que no es útil para el proceso productivo.	Definir espacios adecuados y ordenados para cada uno de los objetos que si son necesarios.	Colocar a la vista de los colaboradores las normas establecidas, así como recalcar su cumplimiento	MANTENER
LIMPIEZA	Limpiar cada área de trabajo, contar con instalaciones limpias	Ubicar los lugares con dificultad para limpiar y brindar soluciones	Identificar las causas de suciedad y desarrollar mejoras	MEJORAR
ESTANDARIZAR	deshacerse de todo lo que no es higiénico dentro de las instalaciones	Determinar las zonas con mayor índice de suciedad y desorden	Implantar técnicas eficientes de limpieza	EVALUAR
DISCIPLINA	Crear una filosofía de trabajo basada en la aplicación de estos principios de las 5'S, trabajando en equipo y respetando los procedimientos establecidos dentro del área de trabajo.			

Fuente: Vargas, H. 2004

5.3.1. Capacitación al personal

Las capacitaciones proporcionarán a los empleados nuevos y actuales la información y las herramientas que se requieren para desempeñar correctamente su trabajo. Por lo tanto, capacitar conlleva enseñar a un operador, vendedor o administrador la manera de desempeñar su puesto de trabajo de la mejor manera.

Para manejar adecuadamente un proceso de capacitaciones, es necesario conocer las diferentes etapas a seguir para el logro de los objetivos.

- **Analizar las necesidades:** identificar las habilidades y destrezas que se necesitan para desarrollar el trabajo, desarrollar objetivos específicos analizando a los receptores, ya que toda la información proporcionada debe ser adecuada a su grado específico de estudios, experiencia y habilidades.
- **Diseñar instrucciones:** preparación del contenido de capacitación, recolectar suficiente información que sea de utilidad para la comprensión de los espectadores, tales como ejemplos de objetivos a lograr, métodos, procedimientos, descripciones que sean útiles para una mejor enseñanza, asegurarse de que la información sea clara y adaptada a los objetivos definidos.
- **Aplicación:** reforzar cada una de las acciones tomadas con anterioridad mediante el desarrollo de talleres, esto permitirá complementar el conocimiento obtenido mediante la capacitación, con la puesta en práctica de sus habilidades.

El personal de la empresa debe ser capacitado constantemente en el uso de maquinaria utilizada para los procesos de extrusión, al enfrentarse a procesos altamente complicados y riesgosos es importante recalcar la seguridad industrial dentro de la planta, ya que según evaluaciones e inspecciones ningún operario hace uso de su equipo, no se manejan las precauciones debidas en cada etapa del proceso y no se manejan políticas de limpieza y orden, las cuales afectan el desempeño de cada uno de los colaboradores. Se debe asegurar de que cada operario cumpla de la mejor manera su función por lo tanto el encargado de producción deberá supervisar las listas de chequeo por ocupación al finalizar cada turno, esto permitirá determinar los focos causantes de retrasos y bajo desempeño laboral.

LISTA DE CHEQUEO POR OCUPACIÓN

Cargo/Ocupación:

Responsable:

Fecha y Hora:

No	TAREAS	Si	No	OBSERVACIONES
1.	Utilizar adecuadamente el equipo de seguridad.			
2.	Preparar y revisar el material a utilizar con anticipación.			
3.	Ordenar herramientas y área de trabajo.			
4.	Pesar y anotar cada cantidad de material a utilizar en mezcla.			
5.	Dejar constancia de fórmula manejada, con sus respectivas unidades.			
6.	Llevar el control de batidas realizadas.			
7.	Supervisar el funcionamiento de enfriadora.			
8.	Dejar limpio y ordenado su lugar de trabajo.			

No. Batidas: _____ Producto a realizar: _____

Fórmula:

Fuente: elaboración propia.
LISTA DE CHEQUEO POR OCUPACIÓN

F Cargo/Ocupación: e
 Responsable:
 Fecha y Hora:

No	TAREAS	Si	No	OBSERVACIONES
1.	Utilizar adecuadamente el equipo de seguridad.			
2.	Preparar y revisar el material a utilizar con anticipación.(pita, film,mp, etc)			
3.	Ordenar herramientas y área de trabajo.			
4.	Dejar constancia de fórmula manejada, con sus respectivas unidades.			
5.	Supervisar constantemente el funcionamiento de la maquinaria. (temp, v)			
6.	Supervisar constantemente la calidad de cada empaque.(textura, peso, grosor, etc)			
7.	Manejar un control de desperdicios por turno.			
8.	Tomar muestras para asegurarse de cumplir con las especificaciones.			
9.	Manejar un control de la cantidad de producto terminado por turno.			
10.	Asegurarse de cumplir con un empaquetado en perfecto estado.			
11.	Dejar limpio y ordenado su lugar de trabajo.			

Tipo de Empaque: _____
 Cant. De PVC: _____
 Cant. De Colorante: _____
 No. De Rollos/ turno: _____

Fuente: elaboración propia.

LISTA DE CHEQUEO POR OCUPACIÓN

Fi Cargo/Ocupación: ra
 Responsable:
 Fecha y Hora:

No	TAREAS	Si	No	OBSERVACIONES
1.	Utilizar adecuadamente el equipo de seguridad.			
2.	Supervisar constantemente el funcionamiento de la maquinaria. (temperatura, velocidad)			
3.	Supervisar constantemente la calidad de cada producto.(Textura, peso, grosor, etc.)			
7.	Manejar un control de desperdicios por turno.			
8.	Tomar muestras para asegurarse de cumplir con las especificaciones.			
9.	Manejar un control de la cantidad de producto terminado por turno.			
10.	Dejar limpio y ordenado su lugar de trabajo.			

PRODUCTO: _____
 DESPERDICIO: _____
 CANTIDAD DE PRODUCTO TERMINADO: _____

LISTA DE CHEQUEO POR OCUPACIÓN

Cargo/Ocupación:

Responsable:

Fecha y Hora:

ola

No	TAREAS	Si	No	OBSERVACIONES
1.	Utilizar adecuadamente el equipo de seguridad.			
2.	Supervisar constantemente el funcionamiento de la maquinaria. (temperatura, aire)			
3.	Procurar entregar coplas sin arrugas o daños.			
8.	Llevar el control de cuantas coplas se hacen por turno, especificando tipo de tubo.			
9.	Ordenar adecuadamente cada tubo con copla, para evitar que se confundan con los que aún no tiene.			
10.	Dejar limpio y ordenado su lugar de trabajo.			

TIPO DE TUBO: _____

DESPERDICIO: _____

CANTIDAD DE TUBOS CON COPLA: _____

LISTA DE CHEQUEO POR OCUPACIÓN

Cargo/Ocupación:

Responsable:

Fecha y Hora:

3

No	TAREAS	Si	No	OBSERVACIONES
1.	Utilizar adecuadamente el equipo de seguridad.			
2.	Supervisar constantemente el funcionamiento de la maquinaria.			
3.	Utilizar con precaución la trituradora, evitando paros o daños por exceso de material.			
8.	Llevar el control de cuanto material se tritura por turno. (pesar)			
9.	Ordenar todo el material triturado y evitar desperdicios.			
10.	Dejar limpio y ordenado su lugar de trabajo.			

TIPO DE MATERIAL A TRITURAR: _____

PESO ANTES DE TRITURADO: _____

PESO DESPUÉS DE TRITURADO: _____

PESO MATERIAL DEFECTUOSO: _____

Fuente: elaboración propia.
LISTA DE CHEQUEO POR OCUPACIÓN

I **Cargo/Ocupación:**

Responsable:

Fecha y Hora:

No	TAREAS	Si	No	OBSERVACIONES
1.	Utilizar adecuadamente el equipo de seguridad.			
2.	Supervisar constantemente el funcionamiento de la maquinaria.			
3.	Utilizar con precaución la pulverizadora, evitando calentamiento, paros o daños por exceso de material.			
8.	Llevar el control de cuanto material se pulveriza por turno (pesar)			
9.	Ordenar todo el material pulverizado y evitar desperdicios.			
10.	Dejar limpio y ordenado su lugar de trabajo.			

TIPO DE MATERIAL A PULVERIZAR: _____

PESO ANTES DE PULVERIZADO: _____

PESO DESPUÉS DE PULVERIZADO: _____

PESO MATERIAL DEFECTUOSO: _____

Fuente: elaboración propia.

5.3.2. Cronograma

Tabla 48. Cronograma de capacitación mensual

	SEMANA 1	SEMANA 2	SEMANA 3	SEMANA 4
CAPACITACIONES				
Manejo de Maquinaria y especificaciones técnicas para extrusoras de tubería y empaque				
Implementación de medidas estándar, cálculos de probetas, control de peso y metraje en tubería y empaque.				
Requisitos para la implementación de la filosofía 5s, mejora continua.				
Seguridad industrial, riesgos y peligros, uso adecuado del equipo de seguridad.				

Fuente: elaboración propia.

Es importante dar seguimiento al programa de capacitaciones, informar al personal de los principios a implantar, las mejoras percibidas y los cambios de estrategias por parte de producción, el cronograma muestra las capacitaciones impartidas durante 4 semanas, estas deberán ser impartidas cada 2 meses para motivar y brindar atención a los colaboradores.

CONCLUSIONES

1. Con base al estudio de tiempos empleado en los procesos de extrusión de tubo y empaque, fueron determinados dos índices de producción previos a los cambios propuestos, tomando primero el ritmo de las líneas de extrusión con 5.13 min/tubo y 32.54 min/rollo y segundo, el porcentaje de productividad el cual es de 32% para tubería y 16% para empaque.
2. Mediante la aplicación del estudio de métodos y tiempos, se utilizaron técnicas de la ingeniería como cronometraje, tiempos estándar, diagramas de procesos y distribución, reduciendo el tiempo operacional en un 6.13% en la línea de tubería y 2.71% para la línea de empaque.
3. Se determinaron los porcentajes de mejora para cada proceso, por medio de la reducción del tiempo ocioso, incrementando un 48% la extrusión de tubo y un 17% de efectividad en la línea de empaque, obteniéndose un aumento en la productividad final de 107 tubos y 11 rollos de empaque al día.
4. La calidad del producto final, utilizando gráficos de control, se basa en la estabilidad de su peso, estableciéndose así un peso estándar de 24.40 lb por unidad de empaque tipo batiente y 3.162 kg, para cada tubo ducto pluvial 3", permitiendo un margen de error de ± 0.05 para gráficos 3σ .

RECOMENDACIONES

1. Continuar de manera constante con la aplicación de estudio de tiempos y movimientos en los procesos de fabricación de la empresa, lo que permitirá detectar nuevos focos de retraso y deficiencias, así como la identificación de futuras mejoras que superen al estándar establecido.
2. Para la conservación y aprovechamiento del equipo, llevar a cabo un programa de mantenimiento preventivo que se adecue a las necesidades presentadas por la empresa, con el propósito de reducir el accionar correctivo que afecta tanto al desempeño de la producción como a la generación de utilidades.
3. Utilizar cada uno de los formatos establecidos para las diferentes áreas de trabajo, esto facilitará la recolección de información y el análisis de alcance de metas establecidas por producción.
4. Para un mejor desempeño laboral, es necesario un plan de capacitaciones, enfocándose en el manejo de maquinaria y desarrollo de procesos, así como en la aplicación de filosofías de mejora continua; es importante que los colaboradores perciban el compromiso por parte de los altos mandos, a manera de motivarlos a involucrarse en el crecimiento de la empresa.
5. Es importante desarrollar la comunicación como disciplina entre las diferentes áreas de producción, así como recopilar y transmitir información de manera clara y sencilla, por lo cual deberán llevar a cabo correctamente cada una de las fichas y listas de chequeos establecidas para cada función.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aldavert J., Vidal E., Lorente J. y Aldavert X. (2016). 5S para la mejora continua. (1ra Edición). Santa Catarina: Editorial Cims.
2. Besterfield H. (2009). Control de Calidad (8ª. Ed.). México: Pearson Educación.
3. Bravo J. (2008). Gestión de Procesos. Santiago, Chile: Evolución S.A.
4. Cantú H. (2006). Desarrollo de una cultura de calidad (3ª. Ed.). México: McGraw-Hill.
5. Colomo A. (2009). Mejora y estandarización del proceso de producción, en una empresa productora de envases plásticos. Tesis de Licenciatura en Ingeniería Mecánica, Universidad de San Carlos, Guatemala. Recuperado de: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_2011_IN.pdf
6. Fajardo R. (2007). Aseguramiento de la calidad de extrusión de tubería de policloruro de vinilo. Tesis de Licenciatura en Ingeniería Mecánica Industrial, Universidad de San Carlos, Guatemala. Recuperado de: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0524_M.pdf
7. García R. (2011). Estudio del Trabajo Ingeniería de métodos y medición del trabajo (2ª. Ed.). Monterrey: McGraw-Hill.

8. López S. (2011). Propuesta para la estandarización en preparación y ejecución en el proceso de cambio de cabezales en máquinas extrusoras para tuberías de pvc. Tesis de Licenciatura en Ingeniería Mecánica Industrial, Universidad de San Carlos, Guatemala. Recuperado de: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0579_MI.pdf
9. Meyers F. (2000). Estudio de Tiempos y Movimientos (2ª. Ed.). México: Pearson Educación.
10. Niebel B., Freivalds A. (2004). Ingeniería Industrial métodos, estándares y diseño del trabajo (11ª. Ed.). Colombia: Alfaomega.
11. Ramírez J. (2009). Automatización y control de una extrusora. Tesis de Licenciatura en Ingeniería Mecánica, Universidad Santiago de Cali, Colombia. Recuperado de:
12. Tapia N. (2005). Estudio de Factibilidad para una planta procesadora de resinas PVC. Tesis de Licenciatura en Ingeniería Mecánica, Escuela superior politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador.

APÉNDICE

Imagen 1. Tolva de alimentación y mezcla



Fuente: elaboración propia.

Imagen 2. Cabezal de extrusora para tubo



Fuente: elaboración propia.

Imagen 3. Desperdicio en planta



Fuente: elaboración propia.

Imagen 4. Distribución de planta propuesta



Fuente: elaboración propia.

Imagen 5. Cabezal extrusor de empaque



Fuente: elaboración propia.

Imagen 6. Tren formador de extrusora



Fuente: elaboración propia.