

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y AGROINDUSTRIA

**PROPUESTA PARA EL INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD
DE LOS PROCESOS DE DESCASCARILLADO Y REFINADO EN
LA LÍNEA ARTESANAL DE PRODUCCIÓN DE CHOCOLATES DON
ELI, BASADO EN UN ESTUDIO DE TIEMPOS Y MOVIMIENTOS**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DE GRADO DE MÁSTER (MSc.) EN
INGENIERÍA INDUSTRIAL Y PRODUCTIVIDAD**

JORGE ALFONSO LÓPEZ LARA
jorge.lopez.la@hotmail.com

DIRECTOR: ING. FAUSTO SARRADE DUEÑAS, MSc.
fausto.sarrade@epn.edu.ec

Quito, mayo 2018

© Escuela Politécnica Nacional (2018)
Reservados todos los derechos de reproducción

DECLARACIÓN

Yo, Jorge Alfonso López Lara, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Jorge Alfonso López Lara

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por el Ing. Jorge Alfonso López Lara, bajo mi supervisión.

Ing. Fausto Sarrade, MSc.
DIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTO

Quisiera dar mis agradecimientos a todas las personas que mediante su ayuda nos han permitido a mi esposa y a mí culminar con el presente estudio de postgrado. En especial al Ing. Fausto Sarrade por su tiempo y paciencia para bajo su supervisión realizar un mejor trabajo de titulación.

DEDICATORIA

Quiero dedicar el presente proyecto de titulación a toda mi familia entendiéndose como parte de ella a mi esposa, mis hijos, mis suegros, mi hermano, mi madre y en especial a mi padre que con su iniciativa y perseverancia ha hecho posible que se pueda levantar la fábrica de chocolates DON ELI, brindándome la posibilidad de poder aplicar todos los valiosos conocimientos adquiridos en esta maestría.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
RESUMEN	xiii
INTRODUCCIÓN	xiv
1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	1
1.1. Estudio de los métodos del trabajo	2
1.1.1. Selección del trabajo	4
1.1.2. Registro del trabajo	4
1.1.2.1. Diagramas de Proceso	5
1.1.2.2. Diagramas de Actividades	8
1.1.2.3. Diagramas de Operaciones	9
1.1.3. Estudio de Tiempos	11
1.1.3.1. Tiempos Predeterminados	11
1.1.3.2. Muestreo	12
1.1.3.3. Cronometraje	12
1.1.3.4. Tiempo Estándar	14
1.1.3.5. Factores de Valoración	14
1.1.4. Análisis del trabajo	20
1.1.4.1. Diagrama de pescado	21
1.1.4.2. Trabajo – Sitio	22
1.1.5. Desarrollo del nuevo método	22
1.1.6. Implementación del nuevo método	23
1.2. Diseño del trabajo manual	24
1.2.1. Especialización	25
1.2.2. Componentes Psicológicos	26
1.2.3. Equipos Autodirigidos	27
1.2.4. Motivación e Incentivos	28

1.3. Lugar de trabajo, equipo y diseño de herramientas	29
1.3.1. Diseño del lugar de trabajo	31
1.3.1.1. Antropometría	31
1.3.1.2. Principios	33
1.3.2. Equipo	35
1.3.2.1. Principios	35
1.3.2.2. Señales	37
1.3.2.3. Controles	37
1.3.3. Herramientas	39
2. METODOLOGÍA	41
2.1. Estudio de la productividad actual de los procesos de descascarillado y refinado	42
2.1.1. Proceso de descascarillado	44
2.1.1.1. Descripción del proceso	44
2.1.1.2. Diagrama de flujo	45
2.1.1.3. Tiempo Estándar	45
2.1.1.4. Diagrama de operaciones	45
2.1.1.5. Cálculo de la productividad	46
2.1.2. Proceso de refinado	47
2.1.2.1. Descripción del Proceso	47
2.1.2.2. Diagrama de Flujo	48
2.1.2.3. Tiempo Estándar	48
2.1.2.4. Gráfica de proceso	49
2.1.2.5. Cálculo de la productividad	50
2.2. Determinación de los problemas presentes en los dos procesos	50
2.2.1. Proceso de descascarillado	50
2.2.2. Proceso de refinado	50

2.3. Alternativas de mejora	51
2.3.1. Proceso de Descascarillado	51
2.3.2. Proceso de Refinado	52
2.4. Selección y desarrollo de la mejor alternativa para cada proceso	52
2.4.1. Selección	53
2.4.2. Desarrollo	53
2.5. Evaluación de las alternativas seleccionadas	53
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	54
3.1. Presentación de los resultados obtenidos	54
3.1.1. Estudio de la productividad actual de los procesos de descascarillado y refinado	54
3.1.1.1. Proceso de descascarillado	54
3.1.1.2. Proceso de refinado	59
3.1.2. Determinación de los problemas presentes en los dos procesos	64
3.1.2.1. Proceso de descascarillado	64
3.1.2.2. Proceso de refinado	66
3.1.3. Alternativas de mejora	67
3.1.3.1. Lluvia de ideas del proceso de Descascarillado	67
3.1.3.2. Lluvia de ideas del proceso de Refinado	74
3.1.4. Selección y desarrollo de la mejor alternativa para cada proceso.	84
3.1.4.1. Proceso de Descascarillado	84
3.1.4.2. Proceso de Refinado	92
3.1.5. Evaluación de las alternativas seleccionadas	100
3.1.5.1. Proceso de descascarillado	100
3.1.5.2. Proceso de refinado	104
3.2. Análisis y discusión de los resultados	108
3.2.1. Proceso de descascarillado	108

3.2.1.1. Variación de las productividades entre las alternativas propuestas	108
3.2.1.2. Variación de la productividad entre la alternativa seleccionada y el método actual	110
3.2.1.3. Discusión	112
3.2.2. Proceso de refinado	113
3.2.2.1. Variación de las productividades entre las alternativas propuestas	113
3.2.2.2. Variación de la productividad entre la alternativa seleccionada y el método actual	115
3.2.2.3. Discusión	117
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	119
4.1. Conclusiones	119
4.1.1. Proceso de descascarillado	119
4.1.2. Proceso de refinado	120
4.2. Recomendaciones	122
4.2.1. Proceso de descascarillado	122
4.2.2. Proceso de Refinado	123
BIBLIOGRAFÍA	124
ANEXOS	127

ÍNDICE DE TABLAS

	PÁGINA
Tabla 3.1. Diagrama de operaciones del actual proceso de descascarillado	57
Tabla 3.2. Hoja de Registro para estudio de tiempos del proceso de Refinado	60
Tabla 3.3. Flujograma del proceso de refinado	61
Tabla 3.4. Guía para el análisis del trabajo / lugar de trabajo	65
Tabla 3.5. Cuadro comparativa de las propuestas de mejora del proceso de descascarillado	85
Tabla 3.6. Tabla comparativa de las propuestas de mejora del proceso de refinado	92
Tabla 3.7. Tabla comparativa entre la productividad actual y la alternativa seleccionada del proceso de descascarillado	100
Tabla 3.8. Tabla comparativa entre la productividad actual y la alternativa seleccionada para la mejora del proceso de refinado	105

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
Figura 1.1. Diagrama de flujo de la línea de producción de ejes de soporte de la fábrica Paddy Hopkirk (a) método antiguo; (b) método nuevo; (c) gráfico de procesos de la producción de ejes empleando el nuevo método de Padd Hopkirk	6
Figura 1.2. Símbolos de la norma ASME para elaborar diagramas de flujo	7
Figura 1.3. Símbolos para estudios	7
Figura 1.4. Diagrama de actividades de un equipo de dos personas que realiza un cambio de aceite en 12 minutos	8
Figura 1.5. Gráfico de trayectoria: movimiento del mensajero dentro de una oficina	9
Figura 1.6. Diagrama de operaciones (mano derecha / mano izquierda) para el ensamble de un tornillo y una arandela	10
Figura 1.7. Símbolos therblig	11
Figura 1.8. Hoja de tiempos	13
Figura 1.9. Hoja de resumen de estudio	13
Figura 1.10. Guía para calificar la velocidad	15
Figura 1.11. Sistema Westinghouse para calificar habilidades	15
Figura 1.12. Sistema Westinghouse para calificar el esfuerzo	15
Figura 1.13. Sistema Westinghouse para calificar las condiciones	16
Figura 1.14. Sistema Westinghouse para calificar la consistencia	16
Figura 1.15. Cálculo del factor de valoración del desempeño del operario	16
Figura 1.16. Tipos de holguras	17

Figura 1.17. Holguras recomendadas por OIT	18
Figura 1.18. Gráfica de holguras para limpieza de máquinas	19
Figura 1.19. The 8 Ms (used in manufacturing)	21
Figura 1.20. Guía para el análisis del trabajo - lugar de trabajo de un trabajo rudo en una planta de fabricación de televisores	23
Figura 1.21. Secuencia del diseño del puesto de trabajo	27
Figura 1.22. Posiciones de resistencia estática y resultados de 443 hombres, 108 mujeres	30
Figura 1.23. Pesos máximos (En libras y kilogramos) Aceptables por hombres y mujeres promedio para levantar cajas compactas [14 pulgadas (34 cms.) de ancho] con asas	31
Figura 1.24. Lista de Verificación N°1 para evaluar estaciones de trabajo	36
Figura 1.25. Lista de Verificación N° 2.- Para evaluar máquinas	38
Figura 2.1. Portadas de productos de chocolates DON ELI	41
Figura 2.2. Diagrama de flujo general del proceso de producción de la Empresa DON ELI	43
Figura 2.3. Diagrama de flujo del proceso global de descascarillado manual	46
Figura 2.4. Flujograma 1.- Diagrama de flujo del proceso de refinado	49
Figura 3.1. Hoja de registro para estudio de tiempos del proceso de descascarillado	56
Figura 3.2. Diagrama de recorrido del proceso de refinado (Chocolates DON ELI)	63
Figura 3.3. Lista de Verificación .- Estación de trabajo del proceso de descascarillado	66
Figura 3.4. Diagrama de pescado del proceso de refinado	67
Figura 3.5. Lluvia de ideas 1.- Alternativas de mejora del proceso de	

descascarillado	69
Figura 3.6. Cálculo del tiempo estándar del descascarillado	73
Figura 3.7. Lluvia de ideas 2.- Alternativas de mejora del proceso de refinado	75
Figura 3.8. Cálculo del tiempo de estándar al modificar la máquina	79
Figura 3.9. Máquina refinadora de 200 a 300 kg/h	81
Figura 3.10. Cálculo del tiempo estándar del refinado comprando una refinadora	83
Figura 3.11. Gráfica comparativa de la variación de producción entre las alternativas de mejora de trabajo manual y el uso de molino, mallas y soplador	85
Figura 3.12. Gráfica comparativa de la variación de la productividad de la mano de obra entre las alternativas de mejora de trabajo manual y el uso de molino, mallas y soplador	86
Figura 3.13. Gráfica comparativa de la variación de la productividad de la materia prima entre las alternativas de mejora de trabajo manual y el uso de molino, mallas y soplador	87
Figura 3.14. Gráfica comparativa de la variación de la productividad del capital invertido entre las alternativas de mejora de trabajo manual y el uso de molino, mallas y soplador	87
Figura 3.15. Gráfica comparativa de la variación de la productividad de la energía entre las alternativas de mejora de trabajo manual y el uso de molino, mallas y soplador	88
Figura 3.16. Gráfica comparativa de las productividades totales entre las alternativas de mejora de trabajo manual y el uso de molino, mallas y soplador	89
Figura 3.17. Diagrama de flujo del nuevo método desarrollado para el Proceso de Descascarillado	90
Figura 3.18. Gráfica comparativa de la variación de la producción de las tres propuestas de mejora para el proceso de refinado	93

Figura 3.19. Gráfica comparativa de la variación de la productividad de la mano de obra para el proceso de refinado	93
Figura 3.20. Gráfica comparativa de la variación de la productividad de la materia prima en el proceso de refinado	94
Figura 3.21. Gráfica comparativa de la variación de la productividad del capital invertido en el proceso de refinado	94
Figura 3.22. Gráfica comparativa de la variación de la productividad de la energía para las tres propuestas de mejora del proceso de refinado	95
Figura 3.23. Gráfica comparativa del factor de productividad total de las tres propuestas para la mejora del proceso de refinado	96
Figura 3.24. Diagrama de flujo del nuevo método desarrollado para el Proceso de Refinado	98
Figura 3.25. Imagen de rodillos propuestos para el Proceso de Refinado	99
Figura 3.26. Imagen de montaje de rodillos a la salida del molino eléctrico de granos	99
Figura 3.27. Gráfica comparativa de la variación de habas descascarilladas por minuto entre la productividad actual y la propuesta seleccionada	101
Figura 3.28. Gráfica comparativa de la variación de la mano de obra del proceso de descascarillado entre la productividad actual y la propuesta seleccionada	101
Figura 3.29. Gráfica comparativa de la variación de la materia prima del proceso de descascarillado entre la productividad actual y la propuesta seleccionada	102
Figura 3.30. Gráfica comparativa de la variación del capital del proceso de descascarillado entre la productividad actual y la propuesta seleccionada	103
Figura 3.31. Gráfica comparativa de la variación de la productividad de la energía del proceso de descascarillado entre la productividad actual y la propuesta seleccionada	103
Figura 3.32. Gráfica comparativa de las productividades totales del proceso de descascarillado entre la situación actual y la propuesta	

seleccionada	104
Figura 3.33. Gráfica comparativa entre la producción actual y la alternativa seleccionada para la mejora del proceso de refinado	105
Figura 3.34. Gráfica comparativa entre la productividad de la mano de obra actual y la alternativa seleccionada para la mejora del proceso de refinado	106
Figura 3.35. Gráfica comparativa entre la productividad de la materia prima y la alternativa seleccionada para la mejora del proceso de refinado	106
Figura 3.36. Gráfica comparativa entre la productividad del capital invertido en la situación actual y la alternativa seleccionada para la mejora del proceso de refinado	107
Figura 3.37. Gráfica comparativa entre la productividad de la energía actual y la alternativa seleccionada para la mejora del proceso de refinado	108
Figura 3.38. Gráfica comparativa de los factores de productividades totales entre la situación actual y la alternativa seleccionada para la mejora del proceso de refinado	108
Figura 3.39. Gráfica comparativa de los valores de las productividades individuales y la total entre las alternativas de mejora de trabajo manual y el uso de molino, mallas y soplador	109
Figura 3.40. Porcentaje de la variación de las productividades individuales y la total entre las alternativas de mejora de trabajo manual y el uso de molino, mallas y soplador	110
Figura 3.41. Gráfica comparativa de la variación del porcentaje de las productividades individuales y la total del proceso de descascarillado entre la situación actual y la propuesta seleccionada	111
Figura 3.42. Gráfica comparativa de la variación de las productividades individuales y la total del proceso de descascarillado entre la situación actual y la propuesta seleccionada	111
Figura 3.43. Gráfica comparativa del porcentaje de incremento de las productividades individuales y la total del proceso de descascarillado entre la situación actual y la propuesta seleccionada	112
Figura 3.44. Gráfica comparativa de los valores de las productividades	

individuales y la total para las tres propuestas de mejora del proceso de refinado	114
Figura 3.45. Gráfica comparativo resumen de las productividades para las tres propuestas de mejora del proceso de refinado	115
Figura 3.46. Gráfica comparativa de la variación del cambio de las productividades individuales y la total del proceso de refinado entre la situación actual y la propuesta seleccionada	116
Figura 3.47. Gráfica comparativa de la variación de las productividades individuales y la total del proceso de refinado entre la situación actual y la propuesta seleccionada	116
Figura 3.48. Gráfica comparativa del porcentaje de incremento de las productividades individuales y la total del proceso de refinado entre la situación actual y la propuesta seleccionada	117
Figura A.1. Especificaciones técnicas de molino para refinado de cacao	128
Figura A.2. Registro de tiempos del proceso de descarillado	129
Figura A.3. Fotografía del levantamiento del primer grupo de muestras de tiempos del proceso de refinado	130
Figura A.4. Fotografía del levantamiento del segundo grupo de muestras de tiempos del proceso de refinado	130
Figura A.5. Fotografía del proceso actual de descascarillado	131
Figura A.6. Balanza para pesaje de la cáscara en proceso de descascarillado	131

ÍNDICE DE ANEXOS**PÁGINA****ANEXO 1**

Ficha técnica de nueva máquina refinadora 128

ANEXO 2

Tabla de levantamiento y selección de tiempos del proceso de descascarillado 129

ANEXO 3

Tablas de levantamiento de tiempos del proceso de refinado 130

ANEXO 4

Estación de trabajo actual del proceso de descascarillado 131

RESUMEN

El objetivo de la tesis fue plantear una alternativa viable para aumentar la productividad actual de los procesos de descascarillado y refinado de la planta de chocolates DON ELI, mediante el desarrollo de un nuevo método de producción de fácil incorporación para cada uno de los procesos. La metodología que se ha seguido en el presente estudio ha sido el de establecer la productividad actual de los procesos de descascarillado y refinado, a través de un estudio de tiempos y movimientos, determinando cual es el tiempo estándar en cada proceso. Para el proceso de descascarillado se han registrado los micromovimientos, mediante la utilización de un diagrama de análisis de operaciones. En el establecimiento de la productividad del proceso de refinado se han registrado los movimientos que se tienen actualmente, mediante la utilización de un diagrama de flujo y se ha determinado los reprocesos que se producen en este y su correspondiente afectación en las pérdidas de tiempo y calidad. Para los dos procesos se han utilizado la técnica de cronometraje para el levantamiento de tiempos. Se han determinado cuales son las causas de los problemas actuales que se tienen en los dos procesos usando las herramientas de análisis de espina de pescado y la de trabajo – sitio, estableciendo principalmente que los mismos son la falta de utilización de herramientas y equipos inadecuados. Se analizó las alternativas establecidas en la lluvia de ideas, estableciendo los incrementos de la productividad en cada una de estas, tanto en el proceso de descascarillado como en el de refinado. Se ha desarrollado con base en la selección de la mejor alternativa, un nuevo método que permita aumentar la productividad en los dos procesos. Se estableció que el incremento de la productividad total con la potencial incorporación de los nuevos métodos desarrollados es de 65 % para el proceso de descascarillado y 38 % para el refinado. Que los tiempos estándar de ciclo para procesar un lote de 12 kg se reducen para el descascarillado de 18.96 a 3.074 horas y para el refinado para un lote de 3kg de 38.53 minutos a 9.16 minutos con una mínima inversión, utilizando los mismos equipos que tiene la empresa DON ELI e incorporando nuevas herramientas.

INTRODUCCIÓN

Chocolates DON ELI, una empresa joven que actualmente se encuentra en la etapa de introducción de su primer producto, bombones de chocolate con diferentes tipos de relleno, sufre de problemas en varios de sus procesos siendo los más críticos los de descascarillado y refinado.

Para el descascarillado la empresa se ha visto obligada a contratar la maquila del mismo, esto con la finalidad de no retrasar los procesos subsiguientes, puesto que el descascarillado manual con el que se realizaba antes de la maquila, no permitía por el proceso en sí mejorar los tiempos y no representar un cuello de botella en la línea de producción. Actualmente como la empresa ha perdido el control del proceso de descascarillado, se ha visto envuelta en problemas de calidad en el producto, puesto que el mismo todavía llega con un 10% de cáscara lo que representa una pérdida en el sabor y textura del producto.

Para el refinado, DON ELI realiza en su planta industrial el proceso mediante la utilización de un molino de granos acoplado a un motor eléctrico. El problema se presenta por la granulometría de la pasta de cacao con la que sale de este proceso, puesto que, aunque se pase dos, tres y hasta cuatro veces por el molino con una apriete cada vez mayor no se logra tener la refinación estándar del chocolate.

Frente a estos inconvenientes, sumados a la falta de capital para inversión que actualmente tiene la empresa, y la disminución de ventas producto de una calidad menor y altos costos de producción, esta tesis tiene la finalidad de proponer una alternativa para dar una solución definitiva pero viable a los problemas que aqueja a la empresa, analizando los mismos desde la óptica de la ingeniería industrial y productividad basándose en sus métodos y análisis del trabajo.

Los nuevos métodos de producción permitirán simplificar el trabajo artesanal, principalmente reduciendo el esfuerzo y la fatiga del trabajador, lo que conlleva un cambio en las habilidades del mismo, puesto que al inicio el nuevo método puede

parecer más difícil que el anterior, pero con el tiempo resulta siendo más sencillo (García, 2005, p. 34).

El análisis del trabajo servirá como base para adecuar el lugar, las herramientas, equipos y ambiente de trabajo al operador de la planta de chocolates DON ELI, mediante la utilización de las listas de verificación apropiadas se podrá obtener los datos necesarios para el diseño (Niebel, 2009, p. 139).

1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

La productividad de un recurso puede definirse como la comparación entre la cantidad de productos o servicios producidos versus el monto invertido para dicha producción.

Existen cuatro indicadores de productividad los cuales toman en consideración la materia prima, el capital, la mano de obra directa o los gastos generales totales. Este último es de gran utilidad y valor puesto que los primeros tres indicadores pueden mejorarse afectando a los otros (Gaither & Frazier, 2000).

Generalmente la productividad se calcula en base a una unidad de tiempo como por ejemplo Kilos/horas hombre, piezas por hora/máquina, etc. También se puede desglosar la productividad en sus dos componentes de eficiencia y eficacia como se muestra a continuación:

$$\text{Productividad} = \text{Eficiencia} \times \text{Eficacia} \quad [1.1]$$

$$\frac{(\text{Unidades})}{(\text{Tiempo Total})} = \frac{\text{tiempo útil}}{\text{tiempo total}} \times \frac{\text{unidades}}{\text{tiempo útil}} \quad [1.2]$$

Lo que nos sugiere dos programas complementarios para incrementar la productividad, el primero sobre la eficiencia para tratar de reducir los tiempos muertos y el segundo sobre la eficacia para la productividad de la maquinaria, los materiales, el proceso, etc. (Eroles, Barns, Lapuente, Estivill, y Viesca, 1998, p. 107).

El estudio de tiempos y movimientos es considerado como la espina dorsal de la ingeniería industrial, puesto que la información que genera afecta a la mayor parte de las áreas de la empresa. También involucra a todos los empleados creando una conciencia de los costos lo cual crea una ventaja competitiva.

El estudio de movimientos se basa en un análisis de los métodos usados en el

trabajo, realizando un esfuerzo para mejorarlos.

Los estudios de movimientos sirven para reducir los costos mediante una actividad creadora y de diseño mientras los estudios de tiempos se enfocan en su control y están atados a la medición.

Entre las diferentes técnicas de movimientos tenemos los diagramas de procesos, de flujo, de actividades múltiples, de operación, de procesos de flujo, de análisis de operaciones, de estación de trabajo, de economía de movimientos, patrones de flujo y sistema de estándares de tiempo predeterminados (PTSS).

Las técnicas de los estudios de tiempos inician con los estándares de tiempo predeterminados por estar estrechamente relacionado con el estudio de movimientos, adicional a esta técnica tenemos las siguientes: Estudio de tiempos con cronómetro, estándares de tiempo de fórmulas de datos estandarizados, estándares de tiempo por muestreo de trabajo y estándares de tiempo de opiniones expertas y de datos históricos (Meyers, Estudios de Tiempos y Movimientos para la manufactura ágil, 2000, p. 6).

1.1. ESTUDIO DE LOS MÉTODOS DEL TRABAJO

El estudio de métodos se centra en cómo se debe realizar una tarea, tanto en el manejo de la maquinaria, así como su diseño, fabricación y montaje dentro de la planta. La forma de realizar las tareas marca la diferencia en el rendimiento, la seguridad y la calidad, donde siempre se debe tener presente la ergonomía.

La finalidad de un estudio de métodos es mejorar la productividad mediante una adecuada conjugación de los recursos económicos, humanos y materiales con miras de mejorar el proceso analizado.

La productividad puede definirse como la diferencia entre lo producido y lo insumido, entendiéndose como los insumos lo que se invierte para producir un producto o servicio (J.A. Dominguez Machuca, 1981, p. 234).

Un estudio de métodos debe determinar en qué medida las alternativas que se generen se ajustan a los requerimientos de mejora bajo las especificaciones y criterios elegidos para este.

La implementación de nuevos métodos de producción deberá mejorar el trabajo artesanal beneficiando directamente a los consumidores por el aumento de cantidad de productos que abastezcan su demanda a un menor precio.

Los nuevos métodos que se desarrollen a pesar de su simplicidad demandarán un cambio de habilidad en los trabajadores hasta acostumbrarse y retomar el ritmo normal de trabajo.

Los requisitos para simplificar el trabajo son: tener una mente abierta manteniendo una actitud interrogativa trabajando sobre las causas y no sobre los efectos de los problemas, siempre examinando hechos y no opiniones, aceptando las razones no las excusas.

Se debe eliminar el miedo a la crítica para en base a esto lograr vencer la resistencia al cambio. La simplificación del trabajo debe entenderse como un método sistemático para la aplicación del sentido común para identificar y analizar problemas en el trabajo, presentando alternativas o métodos más fáciles y mejores de hacer las cosas.

El objetivo del estudio de métodos persigue diversos propósitos, pero entre los más importantes tenemos el mejorar los procesos y procedimientos, la disposición y diseño de la fábrica, taller, equipo y lugar de trabajo. Economizar el esfuerzo humano y reducir la fatiga innecesaria, economizar el uso de materiales, máquinas y mano de obra, aumentar la seguridad creando mejores condiciones de trabajo haciéndolo a la vez más fácil, rápido y sencillo. (García, 2005, p. 35)

El estudio de métodos se utiliza para analizar: El movimiento de las personas o material para lo cual se utiliza diagramas de flujo, gráficas de recorrido y diagramas de procesos; la actividad del hombre y la máquina o la actividad en

equipo para lo cual se utiliza el diagrama de actividades o también llamado diagrama hombre máquina o diagrama de grupo; El movimiento del cuerpo principalmente de manos y brazos para lo cual se utiliza el diagrama de micromovimientos.

El procedimiento para realizar un estudio de métodos contempla los siguientes pasos: Seleccionar el trabajo que debe mejorarse, registrar los detalles del trabajo, analizar sus detalles, desarrollar un nuevo método, adiestrar a los operarios y aplicar el nuevo método. (García, 2005, p. 36)

1.1.1. SELECCIÓN DEL TRABAJO

La selección de la tarea que debe mejorarse debe obedecer a los siguiente criterios: cuellos de botella que generen largos tiempos de entrega o gran cantidad de trabajos en proceso; máquinas o gente ociosa que generan una infrautilización de los recursos; moral baja que produce alto ausentismo, mala calidad o quejas triviales originados por trabajos tediosos o innecesariamente cansados; Ganancias inconsistentes, cuando estas se consumen en la producción; Calidad baja o inconsistente la cual puede originarse por la utilización de método o condiciones de trabajo deficientes o inapropiados; Una lesión que se pueda presentar con los métodos actuales de trabajo.

1.1.2. REGISTRO DEL TRABAJO

El registro se debe levantar por una observación visual directa de los hechos, sin pasar por alto o ignorar factores importantes que puedan modificar los datos registrados, por lo que se deberán anotar todos estos factores en el momento y lugar que ocurren. Se debe escoger el método que más se ajuste a las circunstancias que se presentan en el trabajo seleccionado. Entre los diferentes métodos para registrar los datos tenemos las gráficas de proceso expuestas en la ilustración 1, cuyo objetivo es proporcionar un registro sucinto y ambiguo de un

proceso para que pueda ser examinado, analizado y mejorado. Las gráficas con escalas de tiempo es otro método utilizado para registrar las relaciones entre dos o más hombres, máquinas o materiales dentro de las cuales tenemos la gráfica de actividad múltiple y la de movimiento simultáneo (SIMO). Las gráficas de movimiento donde se tratan de registrar los recorridos físicos en la planta para lo cual se puede utilizar una gráfica de recorrido o un diagrama de hilos (Lockyer, 1990, p. 196).

1.1.2.1. Diagramas de Proceso

Los diagramas de proceso nos muestran los movimientos de las personas y material mediante la utilización de símbolos como se puede ver en la Figura 1.1.

Para este tipo diagramas es conveniente establecer una diferencia entre dos tipos de operación:

Las operaciones de acción las cuales efectúan trabajo en el material o máquina, lo que permite incrementar el valor agregado y las operaciones auxiliares que preparan el material o la máquina como por ejemplo la limpieza de la misma o su traslado de un sitio a otro. La explicación de los símbolos utilizados en este diagrama se presenta en la Figura 1.2.

Las operaciones de acción se deberán destacar mediante un sombreado del símbolo como se muestra en la Figura 1.3.

Básicamente existen dos tipos de gráficas de proceso que se diferencian por el nivel de detalle que se muestra en estas.

a) Gráficas de proceso general

Las primeras gráficas son las de proceso general, las cuales solo utilizan los

símbolos de círculos y cuadrados para mostrar las operaciones e inspecciones que se llevan a cabo de una manera general.

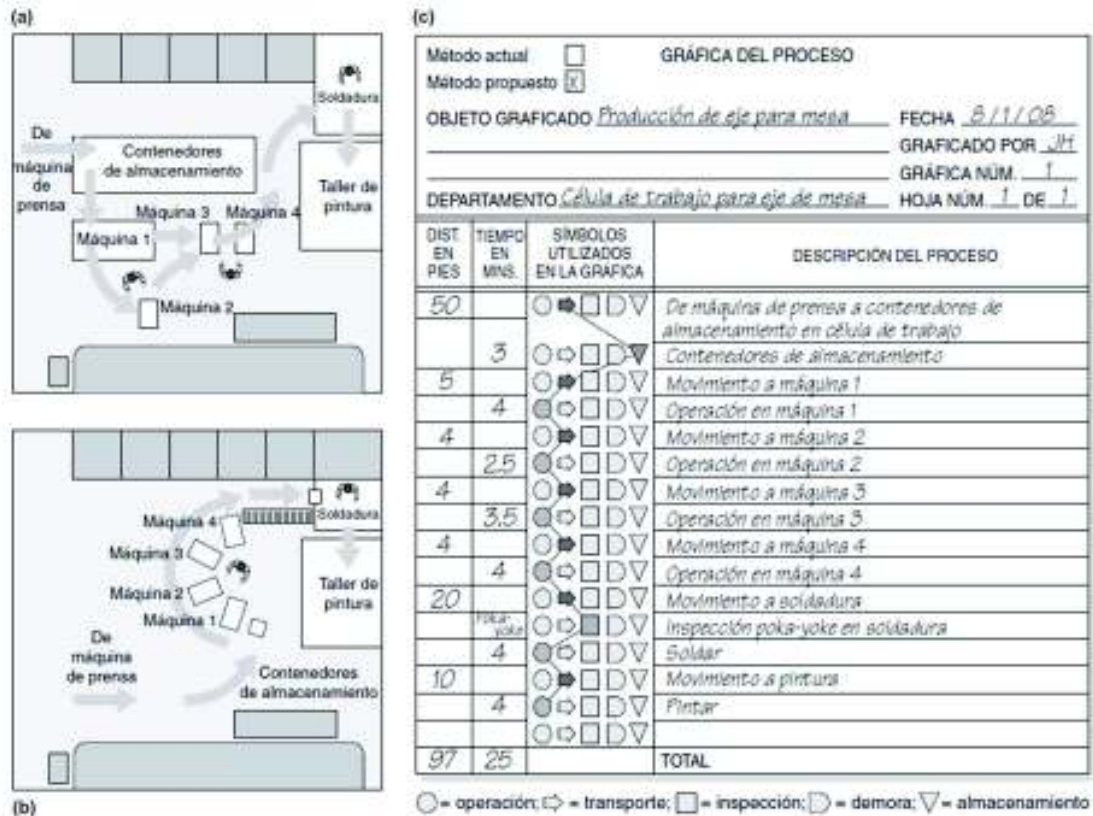


Figura 1.1. Diagrama de flujo de la línea de producción de ejes de soporte de la fábrica Paddy Hopkirk (a) método antiguo; (b) método nuevo; (c) gráfico de procesos de la producción de ejes empleando el nuevo método de Padd Hopkirk (Heizer y Barry, 2009, p. 400)

b) Diagramas de flujo

Las segundas gráficas denominadas como de flujo o más conocidas como diagramas de flujo proporcionan más detalles sobre las cinco operaciones, donde se debe hacer referencia a las actividades ejecutadas por el hombre o la máquina y por los materiales sin nombrar a éstos simultáneamente dentro de una misma tarea.

También permiten mostrar el lugar de trabajo y las posiciones de las diversas

actividades, dibujadas a escala.

S I M P L E S	
SIMBOLO	REPRESENTA
	<i>Operación.</i> Indica las principales fases del proceso, método o procedimiento.
	<i>Inspección.</i> Indica que se verifica la calidad y/o cantidad de algo.
	<i>Desplazamiento o transporte.</i> Indica el movimiento de los empleados, material y equipo de un lugar a otro.
	<i>Depósito provisional o espera.</i> Indica demora en el desarrollo de los hechos.
	<i>Almacenamiento permanente.</i> Indica el depósito de un documento o información dentro de un archivo, o de un objeto cualquiera en un almacén.

Figura 1.2. Símbolos de la norma ASME para elaborar diagramas de flujo (Dominguez, 2011, p. 135)

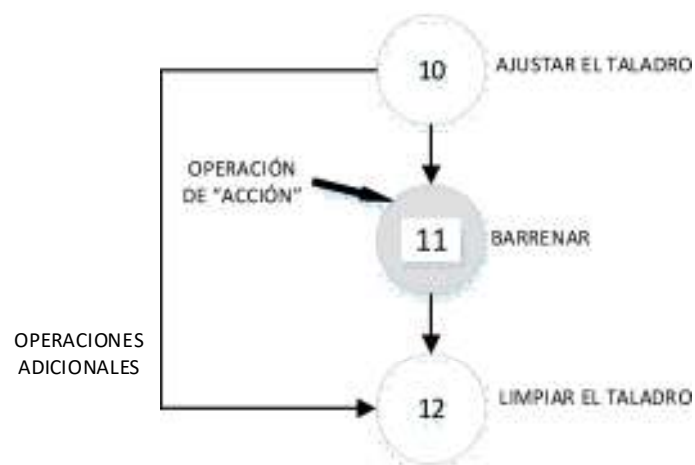


Figura 1.3. Símbolos para estudios (Control de la calidad y producción industrial; Keith Lockyer; p. 195)

1.1.2.2. Diagramas de Actividades

Mediante la utilización de un diagrama de actividades se puede estudiar la utilización de la maquinaria entre uno o más operarios como se muestra en la Figura 1.4.



Figura 1.4. Diagrama de actividades de un equipo de dos personas que realiza un cambio de aceite en 12 minutos en Quick Car Lube. Fuente: p. 500.

Básicamente se debe registrar una columna para cada uno de los protagonistas para poder sombrear las áreas donde estos trabajan con una breve descripción de las actividades a la derecha. A partir de esta gráfica se puede determinar el tiempo trabajado y no trabajado por una máquina o persona con lo cual se puede intentar equilibrar estos tiempos con la finalidad de disminuir los tiempos muertos.

Cuando resulta confuso utilizar un diagrama de flujo de puede utilizar una gráfica

de recorrido o viaje como se puede observar en la Gráfico de trayectoria: movimiento del mensajero dentro de una oficina (Instituto Nacional de Tecnología Industrial, 2009), donde esta nos permite registrar el número de movimientos realizados en un periodo.

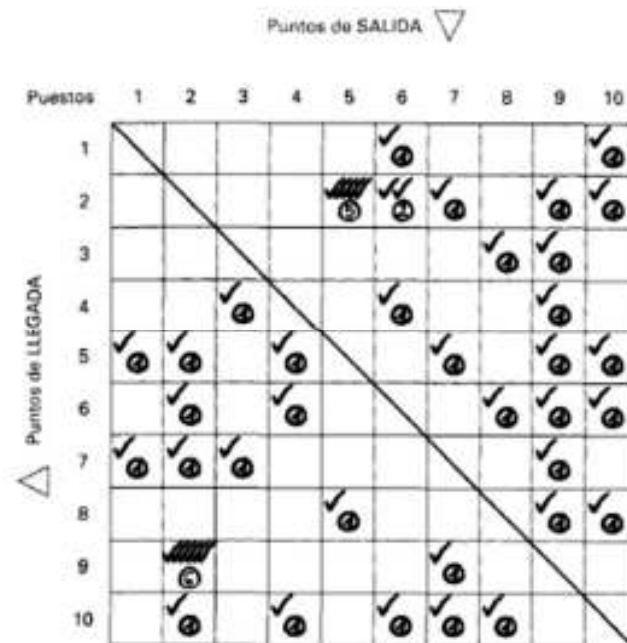


Figura 1.5. Gráfico de trayectoria: movimiento del mensajero dentro de una oficina (Instituto Nacional de Tecnología Industrial, 2009)

1.1.2.3. Diagramas de Operaciones

Para analizar los movimientos del cuerpo se utilizan los diagramas de operaciones o también llamados diagramas de la mano derecha / gráfico de la mano izquierda o bimanual, esto con la finalidad de identificar posibles ahorros de movimientos señalando los movimientos inútiles y los tiempos muertos. En la Figura 1.6 se presenta un ejemplo de diagrama de operaciones.

También llamada gráfico de movimiento simultáneo (gráfica SIMO, simultaneous movement), donde se registran movimientos de dos o más partes del cuerpo que por lo general son de corta duración en el orden de los milisegundos por lo que

generalmente se requiere hacer un análisis cuadro por cuadro como si se tratase de una película de cine. Para registrar los movimientos se usan los denominados 'therblig' que son símbolos para generar el registro de los trabajos que actualmente existen unos 17 como se puede observar en la Figura 1.7.

DIAGRAMA DE OPERACIONES

SIMBOLOS	ACTUAL		PROPUESTO	
	MI	MD	MI	MD
○ OPERACIÓN	2	3		
⇨ TRANSPORTE	1	1		
□ INSPECCIÓN				
⊞ DEMORA	4	3		
▽ ALMACENAMIENTO				

PROCESO: Ensamble de perno limpiador
 EQUIPO: _____
 OPERADOR: KJH
 ESTUDIO N.º: _____ ANALISTA: _____
 FECHA: 8 / 1 / 08 HOJA NUM. 1 DE 1
 MÉTODO (-PRESENTE / PROPUESTO)
 COMENTARIOS: _____

ACTIVIDAD DE MANO IZQUIERDA	DIST.	SIMBOLOS	SIMBOLOS	DIST.	ACTIVIDAD DE MANO DERECHA
Presente	METODO				Presente
1 Alcanzar perno		○⇨□D▽	○⇨□D▽		Inactiva
2 Agarrar perno		○⇨□D▽	○⇨□D▽		Inactiva
3 Mover perno	6"	○⇨□D▽	○⇨□D▽		Inactiva
4 Sostener perno		○⇨□D▽	○⇨□D▽		Alcanzar arandela
5 Sostener perno		○⇨□D▽	○⇨□D▽		Agarrar arandela
6 Sostener perno		○⇨□D▽	○⇨□D▽	8"	Mover arandela al perno
7 Sostener perno		○⇨□D▽	○⇨□D▽		Colocar arandela en perno

Figura 1.6. Diagrama de operaciones (mano derecha / mano izquierda) para el ensamble de un tornillo y una arandela (Heizer y Barry, 2009, p. 401).

También existen una gran cantidad de gráficas SIMO que no utilizan los símbolos therblig, sino que emplean otros códigos de los sistemas de tiempos predeterminados de movimientos (STPM, *Predetermined Motion Time Systems*) donde consigo generalmente llevan valores de tiempo para el rendimiento de los elementos individuales que se están registrando, por lo que es muy utilizado con mucha frecuencia como medios de medición del trabajo. Las gráficas SIMO son difíciles de preparar y por lo tanto costosas tanto en tiempo como en equipo, por lo que se debe tener una muy buena justificación para la preparación de una de éstas.

Otra técnica que permite simplificar y optimizar el trabajo es la economía de movimientos relacionados con el cuerpo humano, donde se tiene tres principios los cuales son: Ambas manos deben comenzar y terminar sus movimientos a la vez, ambas manos no deben permanecer inactivas a la vez, excepto durante periodos de descanso y finalmente que los movimientos de los brazos deben realizarse simultáneamente y en direcciones simétricas y opuestas (Barnes, 1979, p. 222).













Symbol	Name of symbol	Symbol	Name of symbol
	Search	#	Disassemble
	Find	0	Inspect
	Select		Pre-position
	Grasp		Release load
	Transport loaded		Transport empty
9	Position		Rest for overcoming fatigue
#	Assemble		Unavoidable delay
U	Use		Avoidable delay
			Plan

Figura 1.7. Símbolos therblig (Ronald, 1924)

1.1.3. ESTUDIO DE TIEMPOS

La técnica más conocida para la medición del trabajo es el estudio de tiempos, la cual se basa en una observación directa del ingeniero a un trabajador, tomando los tiempos de lo que está haciendo y realizando una calificación del trabajador. Para lo cual se debe generar un ambiente de confianza con el trabajador explicando claramente las razones por las cuales se va a tomar los tiempos.

1.1.3.1. Tiempos Predeterminados

Los sistemas de tiempos predeterminados de movimientos (STPM) descomponen

los trabajos en conjuntos de movimientos humanos básicos para mediante la combinación de éstos, sintetizar cualquier tarea. El método más utilizado dentro de estos sistemas es la medida del tiempo de los métodos (MTM) en una u otra de sus formas.

El método MTM identifica las categorías de movimientos básicos como por ejemplo el alcance, movimiento, aplicación de presión, agarre, colocación, soldado y desembonado. Para cada uno de estos existen tablas que dan el tiempo bajo distintas circunstancias de distancia, dificultad o carga. La unidad de medida es el TMU que es equivalente a 0,00001 horas o 0,036 segundos, los cuales son tiempos tomados por un operario promedio por lo que no necesita de calificación.

1.1.3.2. Muestreo

El muestreo del trabajo es otra técnica de la medición del trabajo la cual consiste en tomar un número de observaciones momentáneas determinado por la fórmula $N = \frac{4(1-P)}{L^2P}$, de la actividad u aspecto examinado. Para completar la fórmula existen tablas que proporcionan los valores de L en base al porcentaje de tiempo total P y su grado de exactitud.

1.1.3.3. Cronometraje

La técnica del cronometraje consiste en tomar los tiempos requeridos para registrar una actividad dentro de un proceso o procesos de la línea de producción de un producto. Para esta técnica se debe contar con un cronómetro con una precisión mínima de centésimas de segundos y el cartón de estudio de tiempos como el mostrado en la Figura 1.8.

Dónde para ir llenando la cartulina se debe tomar el cronómetro con la mano izquierda para pulsar instantáneamente evitando cualquier interferencia o distracción (Vaughn, 1981, p. 384).

Los impresos de las cartulinas pueden variar dependiendo de las necesidades de cada industria y los datos que requieren levantar. Un ejemplo de una hoja de observaciones de un estudio de tiempos se presenta en la Figura 1.9.

Departamento:				Estudio N°							
				Hoja N°		de					
Operación:				Término:							
				Comienzo:							
Estudio de Métodos N°		Instalación / Máquina		Tiempo transcurrido:							
Herramientas y Calibradores:				Operario:							
				Ficha N°							
Método utilizado:		Piezas / Unidad		Observado por:							
Producto / Pieza:		Número:		Fecha:							
Plano N°:		Material:		Comprobado:							
Nota: Croquis del trabajo / Montaje / Pieza al dorso o en hoja aparte adjunta											
Descripción del elemento		V	C	TR	TB	Descripción del elemento		V	C	TR	TB
Nota: V= Valoración				C= Cronometraje		TR = Tiempo Restado		TB = Tiempo Básico			

Figura 1.8. Hoja de tiempos (Salazar López, 2016, p. 131)

Departamento:				Estudio N°														
				Hoja N°		de												
Operación:				Término:														
				Comienzo:														
Estudio de Métodos N°		Instalación / Máquina		Tiempo trans.														
Herramientas y Calibradores:				Operario:														
				Ficha N°														
Método utilizado:		Piezas / Unidad		Observado por:														
Producto / Pieza:		Número:		Fecha:														
Plano N°:		Material:		Comprobado:														
Nota: Croquis del trabajo / Montaje / Pieza al dorso o en hoja aparte adjunta																		
Descripción del elemento		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	F	Suma	Promedio	TN	SUPL	T. STD	
Elemento 1	V																	
	T _o																	
	T _n																	
Elemento 2	V																	
	T _o																	
	T _n																	
V: Valoración del Rítm; T _o : Tiempo Observado; T _n : Tiempo Normal; F: Frecuencia por ciclo; SUPL: Suplementos; T. STD: Tiempo Estándar																		

Figura 1.9. Hoja de resumen de estudio (Salazar López, 2016, p. 132)

1.1.3.4. Tiempo Estándar

El tiempo estándar es el valor asignado a la ejecución de una tarea desde su inicio hasta su finalización, considerando que el mismo ha sido realizado por un trabajador calificado, bajo un método establecido y a un ritmo normal. Adicional se debe considerar que el mismo incluye las necesidades de descanso y las contingencias propias que generalmente se presentan.

La fórmula establecida para el cálculo del tiempo estándar de trabajo es la siguiente:

$$Ts = To * Fv * (1 + s) \quad [1.3]$$

Dónde,

Ts = Tiempo estándar o tipo.

To = Tiempo observado.

Fv = Factor de valoración (1 a ritmo normal)

S = Suplementos

1.1.3.5. Factores de Valoración

a) Calificación de la velocidad

Este factor se asigna al operario en evaluación respecto al parámetro de la velocidad de un operario calificado, dónde si lo realiza más rápido la calificación excederá del 100% o viceversa en caso de que se demore más. En la Figura 1.10 se presenta una guía para establecer una valoración del porcentaje a ser asignado según su velocidad.

Calificación	Puntos ancla verbales	Velocidad de caminata (mi/h)	Cartas repartidas cada 1/2 minuto
0	Sin actividad	0	0
67	Muy lento, torpe	2	35
100	Estable, deliberado	3	52
133	Activo, negociante	4	69
167	Muy rápido, alto grado de destreza	5	87
200	Límite superior por un periodo corto	6	104

Figura 1.10. Guía para calificar la velocidad
(Nebel, 2009, p. 358)

b) El sistema Westinghouse

Los cuatro factores que influyen en la calificación del operario de acuerdo con Westinghouse Electric Corporation son la habilidad, el esfuerzo, las condiciones y su consistencia. El rango de valores para cada factor se presenta en la Figura 1.11, Figura 1.12, Figura 1.13 y Figura 1.14.

+0.15	A1	Superior
+0.13	A2	Superior
+0.11	B1	Excelente
+0.08	B2	Excelente
+0.06	C1	Buena
+0.03	C2	Buena
0.00	D	Promedio
-0.05	E1	Aceptable
-0.10	E2	Aceptable
-0.16	F1	Mala
-0.22	F2	Mala

Figura 1.11. Sistema Westinghouse para calificar habilidades
(Nebel, 2009, p. 359)

+0.13	A1	Excesivo
+0.12	A2	Excesivo
+0.10	B1	Excelente
+0.08	B2	Excelente
+0.05	C1	Bueno
+0.02	C2	Bueno
0.00	D	Promedio
-0.04	E1	Aceptable
-0.08	E2	Aceptable
-0.12	F1	Malo
-0.17	F2	Malo

Figura 1.12. Sistema Westinghouse para calificar el esfuerzo
(Nebel, 2009, p. 359)

+0.06	A	Ideal
+0.04	B	Excelente
+0.02	C	Bueno
0.00	D	Promedio
-0.03	E	Aceptable
-0.07	F	Malo

Figura 1.13. Sistema Westinghouse para calificar las condiciones
(Niebel, 2009, p. 359)

+0.04	A	Perfecta
+0.03	B	Excelente
+0.01	C	Buena
0.00	D	Promedio
-0.02	E	Aceptable
-0.04	F	Mala

Figura 1.14. Sistema Westinghouse para calificar la consistencia
(Niebel, 2009, p. 360)

De acuerdo con las tablas expuestas, para calcular el factor de valoración se debe sumar o restar a la unidad como se muestra en la Figura 1.15:

Habilidad	C2	+0.03
Esfuerzo	C1	+0.05
Condiciones	D	+0.00
Consistencia	E	-0.02
Suma algebraica		+0.06
Factor de desempeño		1.06

Figura 1.15. Cálculo del factor de valoración del desempeño del operario
(Niebel, 2009, p. 360)

c) Calificación Sintética

Este factor se calcula en base a tiempos predeterminados desarrollados a través de los datos de movimiento fundamental, los cuales son comparados con los tiempos observados elementales reales.

d) Calificación objetiva

Para establecer esta calificación primero se procede a establecer una asignación de trabajo general para todas las tareas, en base al cual se determina los factores específicos de cada tarea dependiendo de su dificultad.

e) Suplementos

Respecto a las holguras a continuación se presenta en la Figura 1.16, un esquema que resume los tipos:

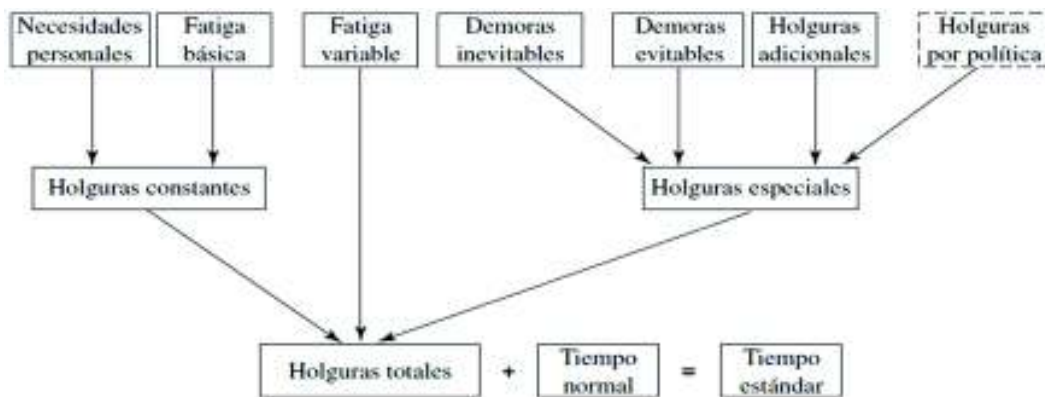


Figura 1.16. Tipos de holguras
(Niebel, 2009, p. 367)

Dónde los valores que se asignan a las holguras constantes y las de fatiga variable se resumen en la Figura 1.17.

Respecto a las holguras especiales tenemos las demoras inevitables que son imputables a interrupciones dadas por sus superiores para dar indicaciones del trabajo y también por defectos en el material. También se considera una demora inevitable la limpieza de las máquinas como se observa en la Figura 1.18.

Las demoras evitables son imputables a visitas de otros operarios por razones sociales sin embargo estas no son consideradas dentro del cálculo del tiempo estándar. Las holguras adicionales sirven para situaciones especiales dónde por el tipo de trabajo se requiera una valoración adicional de las holguras constantes o variables.

Respecto a las holguras por política estas pueden presentarse por asuntos relacionados con el sindicato, nuevos empleados, discapacidades, empleados para trabajo ligero entre otros.

A. Holguras constantes:	
1. Holgura personal	5
2. Holgura por fatiga básica	4
B. Holguras variables:	
1. Holgura por estar parado	2
2. Holgura por posición anormal:	
a) Un poco incómoda	0
b) Incómoda (flexionado)	2
c) Muy incómoda (acostado, estirado)	7
3. Uso de fuerza o energía muscular (levantar, arrastrar o empujar):	
Peso levantado, ibc:	
5	0
10	1
15	2
20	3
25	4
30	5
35	7
40	9
45	11
50	13
60	17
70	22
4. Mala iluminación:	
a) Un poco abajo de lo recomendado	0
b) Bastante abajo de lo recomendado	2
c) Muy inadecuada	5
5. Condiciones atmosféricas (calor y humedad): variable	0-100
6. Atención cercana:	
a) Trabajo bastante fino	0
b) Trabajo fino o exacto	2
c) Trabajo muy fino o muy exacto	5
7. Nivel de ruido:	
a) Continuo	0
b) Intermitente: fuerte	2
c) Intermitente: muy fuerte	5
d) De tono alto; fuerte	5
8. Esfuerzo mental:	
a) Proceso bastante complejo	1
b) Espacio de atención compleja o amplia	4
c) Muy complejo	8
9. Monotonía:	
a) Baja	0
b) Media	1
c) Alta	4
10. Tedio:	
a) Algo tedioso	0
b) Tedioso	2
c) Muy tedioso	5

Figura 1.17. Holguras recomendadas por OIT
(Nebel, 2009, p. 369)

Elemento	Porcentaje por máquina		
	Grande	Mediana	Pequeña
1. Limpiar máquina cuando se usa lubricante	1	$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{2}$
2. Limpiar máquina cuando no se usa lubricante	$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$
3. Limpiar y guardar grandes cantidades de herramienta y equipo	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
4. Limpiar y guardar pequeñas cantidades de herramienta y equipo	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$
5. Apagar máquina para limpieza (este porcentaje es para máquinas equipadas con recogedores de rebaba, que se detienen a intervalos para permitir que la barredora limpie las rebabas grandes)	1	$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{2}$

Figura 1.18. Gráfica de holguras para limpieza de máquinas
(Niebel, 2009, p. 378)

Un ejemplo del cálculo de las holguras se presenta a continuación:

Necesidades personales	5,00%
Fatiga básica	4.00%
Demora	1.00%
Total	100.00%

Lo que daría un factor de 1.1 en la fórmula de $(1+s)$.

Otra fórmula para calcular el tiempo estándar basado en la calificación de desempeño del operario es la siguiente:

$$TE = TN + TN \times \text{holgura} = TN \times (1 + \text{holgura}) \quad [1.4]$$

Dónde:

TE = Tiempo estándar

TN = Tiempo normal

El tiempo normal es calculado como producto del Tiempo observado (TO) multiplicado por un factor C dónde el 100% corresponde al desempeño de un operario estándar. Para calcular el tiempo normal se tiene la siguiente fórmula:

$$TN = TO \times \frac{C}{100} \quad [1.5]$$

Para determinar el valor de C se utiliza el método de valoración de la velocidad directa del operario en comparación a un operario estándar, aumentado con puntos de comparación sintéticos.

1.1.4. ANÁLISIS DEL TRABAJO

El análisis de los hechos se debe realizar fuera del lugar donde se desarrollan las tareas, a veces no es fácil separar el análisis del desarrollo por lo que se realizan juntos.

Para poder realizar un análisis primero se debe utilizar la técnica del cuestionamiento la cual debe ser aplicada primero a las operaciones de acción realizando los siguientes grupos de preguntas:

- a) Respecto al objetivo ¿Qué se está haciendo?, ¿Por qué se está haciendo?, ¿Qué más podría hacerse?, ¿Qué debería hacerse?.
- b) Respecto al lugar ¿En dónde se está haciendo?, ¿Por qué allí?, ¿En dónde más podría hacerse?, ¿En dónde debería hacerse?.
- c) Respecto a la secuencia ¿Cuándo se hace? ¿Por qué entonces? ¿Cuánto más podría hacerse? ¿Cuándo debería hacerse?.
- d) Respecto a la persona ¿Quién lo hace?, ¿Por qué esa persona?, ¿Quién más podría hacerlo?, ¿Quién debería hacerlo?.
- e) Respecto a medios ¿Cómo se hace?, ¿Por qué se hace de esa manera?, ¿En qué otra forma podría hacerse?, ¿Cómo debería hacerse?.

Estas preguntas deben hacerse en el orden expuesto, ya que pueden carecer de significado si no se las hacen de esta forma.

1.1.4.1. DIAGRAMA DE PESCADO

El diagrama de pescado o de Ishikawa es un método gráfico que relaciona entre los problemas o efectos detectados en la empresa con las causas o factores que posiblemente lo generan (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009).

Existen tres tipos de diagramas de pescado que deben ser utilizados según sea la necesidad. A continuación, se presenta un ejemplo de un diagrama que utiliza el método de las 6M: métodos de trabajo, mano y mente de obra, materiales, maquinaria, medición y medio ambiente.

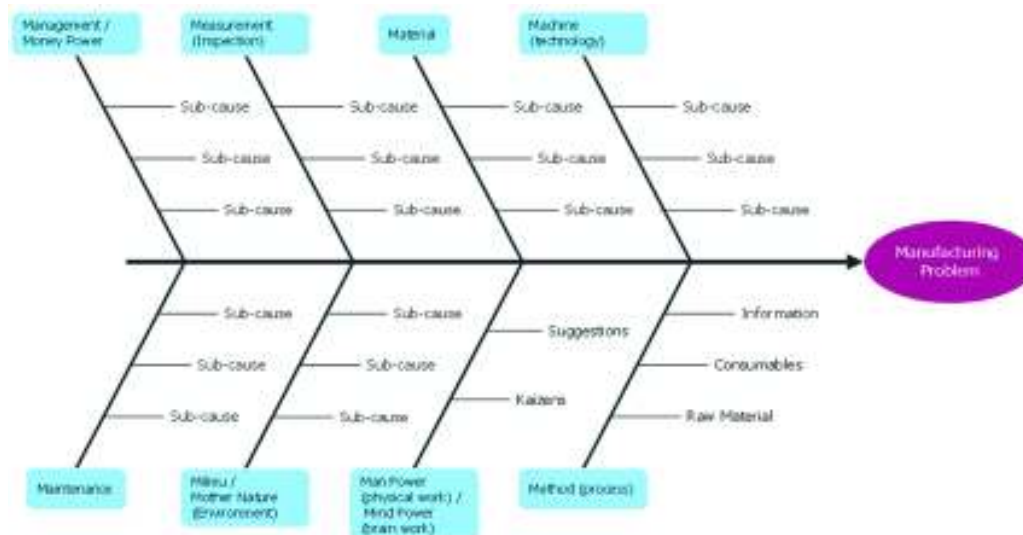


Figura 1.19. The 8 Ms (used in manufacturing)
(Corp., 2017)

Para construir un diagrama de espina de pescado se recomienda determinar los problemas o efectos mediante un diagrama de Pareto, para en base al mismo realizar una lluvia de ideas para determinar las posibles causas (Galindo, 2006, p. 240).

Otra técnica del estudio de tiempos es el de muestreo de trabajo la cual consiste en tomar datos de forma intermitente para determinar el tiempo estándar. La fórmula del tiempo estándar es:

$$T_s = \left(\frac{\text{Tiempo total} \times \% \text{ de tiempo de trabajo} \times \text{Factor de calificación}}{\text{Total de piezas producidas}} \right) + \text{Suplementos} \quad [1.6]$$

El cual no indica el tiempo que un operador calificado a un ritmo normal de trabajo realiza una actividad determinada (Janania Abraham, 2008, p. 140).

1.1.4.2. TRABAJO – SITIO

Este análisis sirve para identificar los problemas presentes en un área, departamento o sitio de trabajo en particular, para cual el analista deberá inspeccionar todo el ambiente de trabajo que circunda al obrero y su influencia en la tarea que realiza, determinando las perturbaciones que causan un bajo rendimiento del trabajador. Esta herramienta es de tipo cuantitativa y da paso a las herramientas cuantitativas que se utilizan para el mejoramiento de la productividad.

En la Figura 1.20, se presenta una guía para el análisis del trabajo - sitio.

1.1.5. DESARROLLO DEL NUEVO MÉTODO

A partir de los registros y los análisis realizados empezará a crearse el nuevo método teniendo en cuenta que mientras más se analice el trabajo será más fácil desarrollar el nuevo método. Puede ser que el nuevo método requiera del diseño de una plantilla, herramienta u otra ayuda de producción por lo que este debe ser implementado por parte de personal de la planta, tomando siempre en consideración que la mejor solución siempre es lo más simple.

El nuevo método requiere ser contrastado con el anterior exponiendo las ventajas que tiene el nuevo sobre el anterior, mismo que debe ser acompañado de una evaluación de costos de la nueva instalación.

Guía para el análisis del trabajo/lugar de trabajo			
Trabajo-sitio de trabajo: CALENTADO FINAL		Analista: AF	Fecha: 1-27
Descripción: INSERCIÓN DE VAPOR A TRAVÉS DE UN CANAL			
Factores del trabajador		Rem/ase: a	
Nombre:	Edad: 42	Sexo: (M) F	Altura: 6' Peso: 180
Motivación: Alta Media (Baja)	Satisfacción en el trabajo: Alta Media (Baja)		
Nivel de educación: Algunos estudios superiores: (Estudios superiores) Universitarios	Nivel de destreza: Alta (Medio) Baja		
Equipo de protección personal: (Gafas de protección) Mascaras Zapatos de seguridad (Tapones en los oídos) Otras: GUANTES, MANGAS			
Factores de la tarea			
¿Qué pasa? ¿Cómo fluyen las partes hacia adentro/afuera? CONDUCTO DESDE LA BANDA HASTA LA MÁQUINA DE INSERCIÓN, DESPUÉS EL SELLADOR, DESPUÉS DE NUEVO A LA BANDA		Diagramas de flujo de procesos	
¿Qué tipos de movimientos están involucrados? LEVANTAMIENTO REPETITIVO, CAMINAR, MOVER		Análisis del video, Principios de economía de movimiento	
¿Existen soportes o monturas para la operación? ¿Automatización? SÍ, PARA COLOCAR EL CONDUCTO Y PROCESOS BÁSICOS, NINGUNO PARA LEVANTAR CARGAS			
¿Se utilizan herramientas? NO		Lista de verificación para evaluar las herramientas	
¿El lugar de trabajo se encuentra bien diseñado? ¿Hay distancias grandes? ES NECESARIO CAMINAR UN POCO Y TODO ESTÁ AL ALCANCE DEL TRABAJADOR		Lista de verificación para evaluar la estación de trabajo	
¿Se presentan movimientos irregulares de dedos o muñecas? ¿Con qué frecuencia? NO		CTD (ÍNDICE DE RIESGO)	
¿Existe algún levantamiento de cargas? SÍ, CONDUCTORES PESADOS DE VIDRIO		Análisis de levantamiento NIOSH, modelo UM70	
¿Está fatigado el trabajador? ¿Carga de trabajo físico? ALGO, POCO		Análisis del ritmo cardíaco, Tiempos de descanso permitidos	
¿Existen entradas sensoriales, procesamiento de información, toma de decisiones o carga de trabajo mental? MÍNIMO		Lista de verificación para evaluar el trabajo cognitivo, Listas de verificación del diseño de pantallas	
¿Cuál duración tiene cada ciclo? ¿Cuál es el tiempo estándar? APROX. MINUTO Y MEDIO		Estudio de tiempos, Lista de verificación MTM-2	
Factores del ambiente de trabajo		Lista de verificación del ambiente de trabajo	
¿Es aceptable la iluminación? ¿Hay reflejos? SÍ, NO		Valores recomendados del ESNA	
¿Es aceptable el nivel de ruido? NO, SE REQUIEREN TAPONES PARA LOS OÍDOS		Niveles OSHA	
¿Existe tensión por calor? SÍ		WBGT	
¿Existe vibración? NO		Estándares ISO	
Factores administrativos		Comentarios:	
¿Existen incentivos salariales? NO			
¿Hay rotación en el trabajo? ¿Ampliación del horario de trabajo? SÍ, NO			
¿Se imparte entrenamiento o instrucción acerca del trabajo? SÍ			
¿Cuáles son las políticas administrativas generales? ?			

Figura 1.20. Guía para el análisis del trabajo - lugar de trabajo de un trabajo rudo en una planta de fabricación de televisores.

(Nebel, 2009, p. 24)

1.1.6. IMPLEMENTACIÓN DEL NUEVO MÉTODO

Respecto a la definición e implantación del nuevo método una vez sea aprobado y autorizado el gasto por parte de la persona apropiada, requiere ser implantado. Se debe escribir un diagrama de proceso y 'vender' primero la técnica al encargado y a la gerencia, para después continuar con los operarios que ha de

aplicarlo. Para introducir el nuevo método entre los operarios se debe trabajar sobre su aceptación permitiéndoles entender las ventajas y beneficios que presenta el mismo, mostrando siempre un dominio de los temas operativos para ganar el respeto y la confianza de los operarios. Solo trabajando sobre la actitud de los trabajadores frente al nuevo método se garantizará el éxito en su aplicación, teniendo como un parámetro medible de su adiestramiento el objetivo de productividad esperado.

Para que se mantenga y conserve el nuevo método en el tiempo, se debe dejar registrado el mismo de una forma detallada, clara y concisa comprobando el total entendimiento por parte del supervisor. Se requiere un monitoreo esporádico sobre posibles desviaciones que se presenten al mismo, analizando si son deseables o indeseables, para en caso de que mejoren el método sean incorporadas al diagrama del proceso.

Para poder comparar entre diferentes tareas se debe utilizar las mismas medidas y la única que se ajusta es el tiempo. El tiempo estándar se considera como el tiempo que un operario calificado realiza una actividad sin sobreesfuerzo en una jornada normal de trabajo, dedicándole todo tiempo al mismo. Adicional el operario debe contar con los atributos físicos y mentales necesarios para realizar esta actividad. Bajo estas primicias se diría que el operador está trabajando con un rendimiento estándar y que producirá un estándar de tiempo.

Si solo se observa a un operario realizar una tarea, por ejemplo una hora, este sería el tiempo observado más no el estándar puesto que no se ha examinado las primicias enunciadas en el párrafo anterior. Es por esta razón que el observador debe tener un concepto claro de lo que se demoraría un operario calificado, tomando en cuenta la velocidad, calidad y seguridad adecuada.

1.2. DISEÑO DEL TRABAJO MANUAL

El diseño del trabajo detalla las tareas de debe realizar un trabajador o un grupo de trabajadores. Para realizar un adecuado diseño del trabajo se deben

considerar siete aspectos que deben detallarse dentro de este. Los siete aspectos son la especialización del trabajo, el enriquecimiento del mismo, los componentes psicológicos, equipos dirigidos, sistemas de motivación e incentivos, ergonomía y métodos de trabajo, y puesto de trabajo visual.

1.2.1. ESPECIALIZACIÓN

La división del trabajo es también la llamada especialización, el cual consiste en desfragmentar el mismo en micro tareas. En una tarea se distingue dos dimensiones, la amplitud o escala horizontal y la profundidad o escala vertical. Cuando la tarea es repetitiva es escasa la amplitud mientras cuando el trabajador no tiene autonomía es escasa la profundidad y se vuelve aburrido el mismo.

Adam Smith en 1776 ya adelantó una de las ventajas de la especialización la cual es alcanzar grandes niveles de habilidad en un trabajador, a medida que se repite una operación, se logra más destreza en su ejecución. En 1989 Duncan estableció además las siguientes ventajas: Elimina el tiempo utilizado de cambiar de una tarea a otra, facilita la invención de una máquina que reemplace a un trabajador, disminuye el tiempo necesario para aprender una tarea empezando por las micro tareas que se pueden dominar en pocos minutos, reduce el gasto de material durante su aprendizaje, contribuye a encontrar el puesto más adecuado para cada persona, facilita la sustitución de personas por la disminución de la complejidad de las tareas en micro tareas, por lo que no se requiere de cualificación alguna del nuevo operador, es más fácil encontrar un trabajador apto para los trabajos y finalmente se pueden realizar actividades concurrentes.

Entre las desventajas de la especialización se tiene el desperdicio de la habilidad y potencial de los trabajadores, por lo que se pueden sentir frustrados al realizar solo movimientos monótonos, desmotivadores e incluso en ocasiones se vuelven propensos a sufrir lesiones físicas. Otra desventaja es que el trabajador deja de tener una visión general de la empresa, trasladando problemas a los niveles jerárquicos superiores.

La división de las tareas favorece al desarrollo del trabajo individual dando paso a la negación de cualquier solicitud de colaboración por no estar dentro de sus obligaciones y funciones bien definidas, inclusive inhibiendo la comunicación lo que genera pérdidas de beneficios (Fernández Sanchez , Avella Camarero, y Fernández Barcala, 2003, p. 403).

La especialización del trabajo consiste en desarrollar las habilidades del trabajador, obteniendo un dominio de sus funciones como consecuencia de la repetición lo que conlleva a disminuir las pérdidas de tiempo evitando el cambio de herramientas. El desarrollo de herramientas especializadas disminuye los costos de adquisición de muchas herramientas generales ayudando de manera significativa a la simplificación del trabajo al desempeñar una tarea concreta.

Con la finalidad de mejorar la calidad de vida de los empleados dentro del cumplimiento de sus funciones en el trabajo, se han estudiado alternativas que permitan cumplir este objetivo estableciendo entre estas la ampliación del trabajo o también llamado diversificación horizontal que se produce cuando se añaden trabajos que requieren habilidades similares ya existentes en el trabajador, y la rotación de puestos que se produce cuando se le permite al empleado pasar de un trabajo especializado a otro. Otro enfoque es el enriquecimiento del trabajo o también llamado diversificación vertical el cual se produce cuando se añade aspectos de planificación y control, como ejemplo se tiene la llamada potenciación de los empleados que se produce cuando se les asigna a los mismos, responsabilidades para tomar ciertas decisiones.

1.2.2. COMPONENTES PSICOLÓGICOS

Los componentes psicológicos estudian el aspecto social que se presenta en un ambiente de trabajo, el cual tiene más peso que el diseño del lugar. Se han considerado siete aspectos que se deben considerar para el diseño del trabajo desde este punto de vista los cuales son que el trabajador deba tener varias habilidades y conocimientos para utilizar las mismas en el puesto de trabajo, una

adecuada identificación del trabajo determinando su inicio y fin, la identificación de la importancia de su trabajo en la organización, autonomía, y una constante retroalimentación que proporcione información periódica sobre su realización.

1.2.3. EQUIPOS AUTODIRIGIDOS

Los equipos autodirigidos deben conformarse una vez que el empleado haya superado una diversificación del trabajo y esté apto para conformar un equipo que pueda llegar a los objetivos planteados a corto o largo plazo, para lo cual estos deberán tener un apoyo total de la gerencia. En la Figura 1.21 se presenta un cuadro que ilustra lo escrito.



Figura 1.21. Secuencia del diseño del puesto de trabajo
(Heizer y Barry, 2009, p. 492)

Por ejemplo, en Suecia para armar un motor se capacitó a un equipo de 10 empleados, para que cada uno realizara distintas operaciones, también se les asignó tareas administrativas y auxiliares relacionadas con el suministro de materiales, mantenimiento de herramientas, inspección y mantenimiento de registros.

La autoinspección puede motivar a los empleados a un descenso del tiempo

empleado en correcciones y reducir los defectos en un 40 % (Jurán y Gryna, 1993, p. 10-40).

La principal limitación de la diversificación del trabajo es que representa mayores costes tanto operativos como de inversión. Además, actualmente en lo que se invierte bastante también es en la formación de los empleados y la cultura de la organización. Mediante la utilización de equipos auto dirigidos se puede obviar el contratar un supervisor, delegando estas responsabilidades entre todos los miembros del equipo.

1.2.4. MOTIVACIÓN E INCENTIVOS

La motivación y los sistemas de incentivos en el tema monetario genera una satisfacción tanto psicológica como financiera en el trabajador presentándose los mismos ya sea como primas, participación en beneficios, reparto de ganancias y sistemas de incentivos. Las primas usualmente se suelen ofrecer a los ejecutivos a nivel de dirección tanto en efecto como en participación de acciones de la empresa.

La participación en beneficios es dirigida para todos los empleados sin discriminar una mejora como lo hace el reparto de ganancias. Los sistemas de incentivos por mejora de la productividad individual o de grupo es usado en la mayoría de empresas a nivel mundial, la cual se basa sobre una línea base de producción a lo cual hay que superar.

La línea base no solo puede ser la cantidad de piezas producidas sino también la disminución del tiempo empleado en una tarea, ambos sistemas aseguran un salario mínimo establecido. Otro sistema de incentivos actual es un reconocimiento al incremento de sus conocimientos y habilidades las cuales mejoran el rendimiento y calidad tanto en la diversificación horizontal como en la vertical (Hopeman, 2010, p. 489).

El diseño del trabajo manual se basa en el estudio de la economía de movimientos y sus principios, tradicionalmente ha sido dividido en tres grupos: el uso del cuerpo humano, el arreglo y las condiciones del lugar de trabajo y el diseño de herramientas y equipos (Niebel, 2009, p. 99).

Los tres factores humanos que tienen incidencia en el esfuerzo que un trabajador realiza en sus actividades son el tipo de esfuerzo, el movimiento del musculo y la articulación que se utilice y la postura.

1.3. LUGAR DE TRABAJO, EQUIPO Y DISEÑO DE HERRAMIENTAS

Para crear un ambiente de trabajo efectivo que aporte significativamente al mejoramiento del proceso de producción, se debe considerar los requisitos de mano de obra y el diseño del ambiente de trabajo.

Para poder diseñar el ambiente de trabajo se debe tomar en cuenta los aspectos psicológicos que esta puede generar en el trabajador, siendo la infraestructura física un factor muy influyente, así como las nuevas reglamentaciones gubernamentales.

También se debe tomar en cuenta la formación que los empleados han tenido y si el nuevo puesto de trabajo les es adecuado, puesto que de no ser así podría provocar un fallo.

Las personas que serán afectadas y las que dirigen el cambio de diseño del puesto de trabajo deben estar involucradas, puesto que sin su participación los trabajadores pueden verse amenazados y terminar poniendo de manera abierta o encubierta resistencia al nuevo puesto de trabajo.

Otro aspecto para considerar dentro del diseño del trabajo es la alta tecnología a la

cual deben enfrentarse actualmente los operadores permitiendo realizar a la vez varios procesos que deben ser programados lo que conlleva una mayor especialización de los mismos para poder determinar los modos de fallo que se puedan presentar.

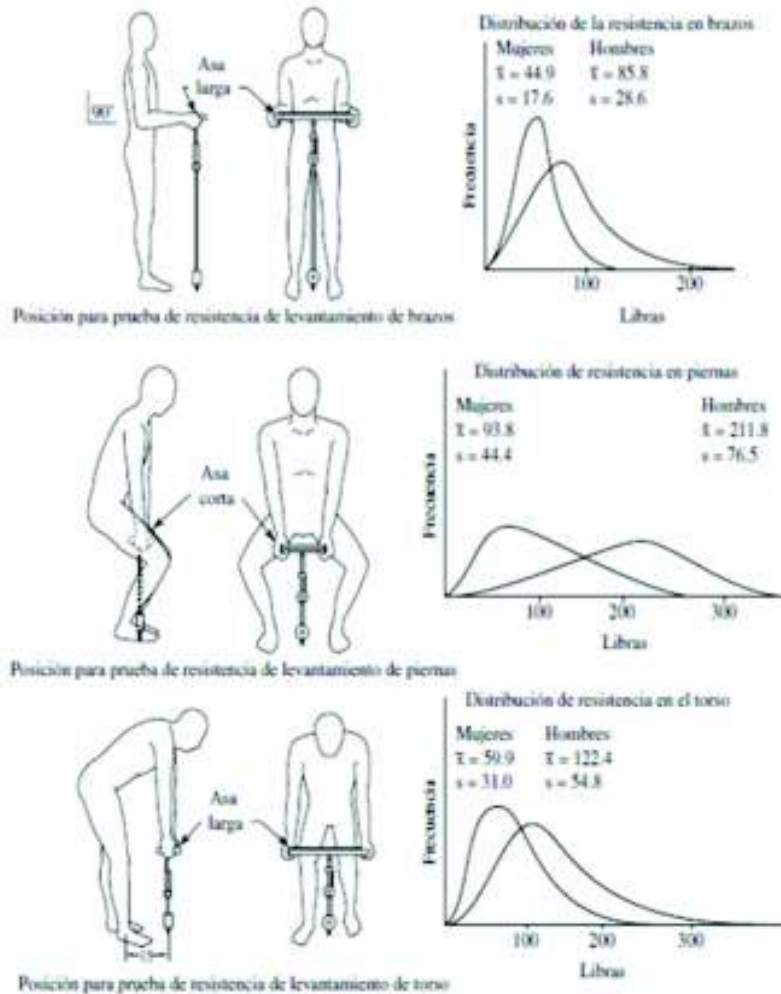


Figura 1.22. Posiciones de resistencia estática y resultados de 443 hombres, 108 mujeres.
(Chalfin et al 1977)

Adicional demandan de los mismos flexibilidad y autocontrol para poder responder rápidamente y decidir dónde, si y cuando intervenir sin requerir de permisos de supervisores o departamentos de ingeniería. (Jurán y Gryna, 1993, p. 10-40)

Generalmente cuando las actividades diarias en el trabajo son repetitivas y

rutinarias, los obreros desarrollan un sentido de apatía, aburrimiento y frustración sobre su trabajo.

A veces las personas pueden resignarse a este tipo de trabajos, pero especialmente la gente joven no lo hace y pierden fácilmente el interés, presentando dificultades a sus mandos superiores y en especial a los gerentes de la empresa.

Tarea	I levantamiento en 0.5 minutos				I levantamiento en 1 minuto				I levantamiento en 30 minutos			
	Hombres		Mujeres		Hombres		Mujeres		Hombres		Mujeres	
	lb	kg	lb	kg	lb	kg	lb	kg	lb	kg	lb	kg
Del piso a la altura de los nudillos	42	19	26	12	66	30	31	14	84	38	37	17
De los nudillos a la altura de los hombros	42	19	20	9	55	25	29	13	64	29	33	15
De los hombros al alcance del brazo	37	17	18	8	51	23	24	11	59	27	29	13

Nota: Para bajar, aumente 6% los valores. Para cajas sin asas, reduzca 15% los valores. El aumento del tamaño de la caja (fuera afuera del cuerpo) a 30 pulgadas (75 cm) reduce 16% los valores.

Figura 1.23. Pesos máximos (En libras y kilogramos) Aceptables por hombres y mujeres promedio para levantar cajas compactas [14 pulgadas (34 cms.) de ancho] con asas
(Snook y Ciriello, 1991, p. 105)

1.3.1. DISEÑO DEL LUGAR DE TRABAJO

1.3.1.1. Antropometría

El desarrollo de una relación adecuada entre el hombre y la máquina es la llamada ergonomía. Los adultos tanto hombres como mujeres tienen configuraciones limitadas por lo que el diseño de las herramientas y el lugar de trabajo depende del estudio de las personas para saber qué pueden hacer y qué no. El manejo de las máquinas por el operario debe ser evaluado considerando todos sus componentes ya sean estos pedales, palancas, herramientas de mano o botones. De la misma manera se debe establecer una retroalimentación continua sobre el funcionamiento y manejo de las máquinas (Heizer y Barry, 2009, p. 496).

Los requerimientos físicos del hombre en el lugar de trabajo obedecen a la experiencia e investigaciones realizadas, donde se determina que de preferencia las actividades del trabajo deben hacerse sentados y no parados, y que en el caso que lo hagan parados se debe facilitar un asiento cómodo para su descanso según su ciclo de trabajo. Debe permitirse el cambio de posición durante su trabajo evitando posiciones fijas. Se debe buscar una posición de trabajo natural evitando malas posturas que aceleren la fatiga muscular. Los movimientos deben mantenerse simétricos buscando un equilibrio que evite la fatiga prematura. Hay que asegurar un espacio adecuado para el trabajo evitando que este sea confinado, puesto que esto crea una depresión en el trabajador y aumenta su tensión muscular dando como consecuencia un aumento de la fatiga. Se debe buscar una altura confortable de acuerdo con el tipo de trabajo que se realice. El uso de herramientas mecánicas para sujetar piezas en el trabajo es importante para evitar usar las manos como prensas o sujetadores, los usos de plantillas también ayudan a este propósito. Es recomendable el uso de soportes para los codos, antebrazos y manos, los cuales deben ser acolchonados y tapizados, ajustables, de buen tamaño y firmes. Los pies deben estar firmes y colocados cómodamente sobre el piso.

Los puntos clave para tener un buen diseño del trabajo son adecuar el lugar al operador, proporcionar ajustabilidad con la finalidad que el trabajador mantenga posturas neutrales es decir sus articulaciones deben estar en el rango medio. Se debe minimizar repeticiones procurando utilizar agarres de fuerza cuando se requiera hacer fuerza. Finalmente se debe utilizar agarres de precisión para obtener precisión y no fuerza.

De acuerdo con los percentiles de dimensiones tanto de hombres como de mujeres se debe considerar los siguientes parámetros de diseño:

- a) Diseño de los extremos, es decir que se debe tomar en cuenta que desde el más grande al más pequeño y desde el más gordo al más flaco puedan accionar los dispositivos de las máquinas y tener un espacio de trabajo suficiente para evitar incomodidades.

- b) Diseño para la ajustabilidad, generalmente utilizado en equipos e instalaciones mediante dispositivos que permiten un ajuste a las medidas de la mayoría de su población. Sin embargo, se debe tomar en cuenta que esta es una opción bastante costosa.
- c) Diseño para el tamaño promedio, cabe destacar que este es el método más barato por lo que generalmente se diseña con este las máquinas, pero que en casos extremos cuando las personas son demasiado grandes o demasiado pequeñas representa un grado de incomodidad.
- d) Las consideraciones prácticas que se deben tomar en cuenta es la accesibilidad que deben tener las personas con capacidades especiales que por ley deben ser contratadas por las empresas.

1.3.1.2. Principios

Los principios que se deben tener en cuenta para tener un buen espacio de trabajo son los siguientes:

- a) Determinar la altura de la superficie del trabajo a través de la altura de los codos, para lo que se debe tener en cuenta que los brazos deben colgar de forma natural formando un ángulo de 90° al flexionarse los codos.
- b) Ajustar la altura de la superficie de trabajo con base en la tarea que se realiza. De acuerdo con este principio no solo se debe tratar de tener un asiento ajustable, el cual permita subir para hacer trabajos pesados o subir para hacer trabajos de precisión, sino que también la superficie debe poder ajustar su altura.
- c) Proporcionar una silla cómoda al trabajador, para lo cual se debe tratar de eliminar el estrés en las rodillas o los pies por lo que se requiere de soporte

para estos de acuerdo con la postura que sea requerida para realizar su trabajo.

- d) Se requiere proporcionar ajustabilidad en los asientos, respecto a la inclinación del mismo para disminuir la presión de los discos de la columna. Adicional se recomienda descansar brazos para soportar las extremidades superiores y descansar pies para las personas pequeñas.
- e) El tema de sillas estáticas o que se puedan desplazar depende de la necesidad del sitio de trabajo, así como su necesidad de giro.
- f) Promueva la flexibilidad postural, esto por lo que los discos de la columna vertebral necesitan un cambio de posición frecuente con la finalidad que permita pasar a través de estos los nutrientes y desechar desperdicios. La rigidez en la postura también reduce el flujo de sangre hacia los músculos produciendo fatiga muscular y calambres.
- g) Proporcione tapetes anti fatiga para el operador de pie, esto con la finalidad que la sangre no se estanque en las extremidades superiores y propicie su circulación disminuyendo la fatiga en largos periodos de trabajo.
- h) Coloque todas las herramientas y materiales dentro del área de trabajo normal, a una distancia no mayor a la longitud del brazo extendido.
- i) Ubicación de las herramientas y materiales para permitir la mejor secuencia, las mismas que siempre deben estar en una posición fija con la finalidad de eliminar las pérdidas de tiempo por estar buscando las herramientas y materiales en lugares distintos.
- j) Utilice contenedores por gravedad y entrega por caída para reducir los tiempos de alcanzar y mover, de preferencia las manos deben moverse por debajo de los contenedores con la finalidad de eliminar largos alcances y facilitar la toma de los componentes requeridos para el ensamble de un producto.

k) Disponga de manera óptima las herramientas, controles y otros componentes para minimizar los movimientos; para lo cual se debe seguir ciertos principios como es ordenar las herramientas o componentes desde los más cercanos a los más importantes y de alta frecuencia de uso. El principio de funcionalidad y secuencia de uso es referente a la agrupación de herramientas, controles y componentes que tienen funciones similares, y de la misma forma de acuerdo con la secuencia con la que se usa en los ensambles de los productos. Se debe verificar la distribución de los componentes de acuerdo con la lista de verificación mostrada en la Figura 1.24.

1.3.2. EQUIPO

1.3.2.1. Principios

Los principios que se deben seguir para el diseño de máquinas y equipos son los siguientes:

- a) Combine dos o más herramientas en una para realizar múltiples cortes y simultáneamente.
- b) Utilice un soporte para sujeción en vez de la mano con la finalidad de no inutilizar alguna de ellas.
- c) Los dispositivos de control deben ubicarse entre el codo y el hombro para poder aplicar mayor fuerza y evitar la fatiga, en caso de que los trabajos los realice el operario sentado estos deberán estar al nivel del codo y en caso de realizarlo parado estos deberán estar a nivel del hombro. La longitud de las agarraderas manuales debe ser mayor a 4 pulgadas y su diámetro varía de acuerdo con la fuerza que se deba ejercer, pero en ninguno de los casos debe sobrepasar los 3,8 cm.
- d) Utilice las formas, texturas y tamaños de los controles de acuerdo a la

codificación basada en el tipo de movimiento que realizan.

Estación de trabajo-sentado	Si	No
1. ¿Se ajusta fácilmente la silla de acuerdo con las características siguientes?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
a) ¿Es ajustable la altura de la silla de 15 a 22 pulgadas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) ¿Tiene la silla un ancho mínimo de 18 pulgadas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) ¿Es la profundidad de la silla de 15 a 16 pulgadas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) ¿Se puede reclinar la silla $\pm 10^\circ$ respecto a la horizontal?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e) ¿Se proporciona un respaldo con soporte lumbar?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f) ¿Es el tamaño mínimo del respaldo de 8 x 12 pulgadas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g) ¿Puede moverse el respaldo de 7 a 10 pulgadas sobre el asiento?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
h) ¿Puede moverse el respaldo de 12 a 17 pulgadas con respecto al frente de la silla?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
i) ¿Tiene la silla cinco patas de soporte?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
j) ¿Tienen ruedas y cabezas giratorias para realizar tareas móviles?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
k) ¿Puede respirar la cubierta de la silla?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
l) ¿Se proporciona descansapiés (grande, estable y ajustable en cuanto a altura e inclinación)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. ¿Se ha ajustado adecuadamente la silla?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
a) ¿Está ajustada la altura de la silla a la altura poplitea con los pies sobre el piso?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) ¿Existe un ángulo de aproximadamente 90° entre el tronco y los muslos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) ¿Está el área lumbar del respaldo en la parte pequeña de la espalda (línea de la cintura)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) ¿Hay suficiente espacio para las piernas (es decir, hacia la parte de atrás de la estación de trabajo)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. ¿Es ajustable la cubierta de la estación de trabajo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
a) ¿Está la superficie de la estación de trabajo aproximadamente a la altura del descanso del codo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) ¿Se puede bajar la superficie de 2 a 4 pulgadas para el trabajo pesado?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) ¿Se puede elevar (o inclinar) de 2 a 4 pulgadas para el ensamblado a detalle o para tareas en la que se requiera mucho la vista?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) ¿Hay suficiente espacio para los muslos (es decir, con respecto al fondo de la superficie de trabajo)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. ¿Se alternan periodos de trabajo con periodos de descanso?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Estación de trabajo con computadora	Si	No
1. ¿Se ha ajustado la silla, el teclado y el ratón y, por último, la pantalla?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. ¿Está el teclado lo más bajo posible (sin que tope con las piernas)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
a) ¿Están relajados los hombros, los brazos superiores cuelgan cómodamente y los antebrazos por debajo de la horizontal (es decir, el ángulo del codo es $>90^\circ$)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) ¿Se utiliza una repisa para el teclado (es decir, por debajo de la superficie de escritura normal a 28 pulgadas)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) ¿Está reclinado el teclado hacia abajo de tal manera que se conserve una posición neutral de las muñecas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) ¿Está colocado el ratón en la cercanía del teclado a la misma altura?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e) ¿Se proporcionan descansabrazos (ajustables en cuanto a altura al menos 5 pulgadas)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f) Si no se proporcionan descansabrazos, ¿se ofrecen descansamuñecas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. ¿Está colocada la pantalla de 16 a 29 pulgadas (aproximadamente la longitud del brazo) de distancia con respecto a los ojos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
a) ¿Está la parte superior de la pantalla ligeramente por debajo del nivel de los ojos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) ¿Está la parte inferior de la pantalla a aproximadamente 30° por debajo del nivel horizontal de los ojos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) ¿Se encuentra la pantalla ubicada en un ángulo de 90° con respecto a las ventanas para minimizar el reflejo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d) ¿Se pueden colocar cortinas o persianas en las ventanas con el fin de reducir la luz brillante?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e) ¿Está la pantalla lo suficientemente inclinada para minimizar las reflexiones de luz provenientes del techo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
f) Si todavía hay reflejo, ¿se utiliza un filtro antirreflejante?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
g) ¿Se utiliza un soporte para documentos para copiar información de artículos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
h) ¿Está colocada la tarea visual principal (pantalla o documentos) directamente enfrente?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Estación de trabajo: parado	Si	No
1. ¿Es ajustable la superficie de la estación de trabajo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
a) ¿Está la superficie de la estación de trabajo aproximadamente a la altura del descanso de los codos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b) ¿Se puede bajar la superficie de 4 a 8 pulgadas para el ensamblado rudo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c) ¿Está la superficie elevada de 4 a 8 pulgadas (o inclinada) para el ensamblado a detalle o para trabajos intensamente visuales?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. ¿Hay suficiente espacio para las piernas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. ¿Se ofrece un banquillo para pararse/sentarse (con altura ajustable)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. ¿Se alternan periodos de pie con periodos sentado?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Figura 1.24. Lista de Verificación N°1 para evaluar estaciones de trabajo. (Niebel, 2009, p. 153)

- e) Asegurar que los datos de las pantallas de visualización de los controles tengan total compatibilidad con los instrumentos adaptados a los equipos.

Para verificar si se está cumpliendo con todos los principios expuestos hasta el momento, se presenta a continuación una lista de verificación en la Figura 1.25 que resume todos los criterios para el diseño de máquinas y herramientas.

1.3.2.2. Señales

Para el diseño de equipos se requiere incorporar señales sonoras que permita identificar mediante una alarma una advertencia que fuere necesaria para que se pueda llamar la atención del operador.

Las señales visuales tanto análogas como digitales deben presentarse en un equipo de forma continua con destellos o colores llamativos que permitan advertir del estado de la máquina, para poder identificar fácilmente alguna anomalía o si está prendida o apagada.

1.3.2.3. Controles

Los controles que debe llevar una máquina deben ser de acuerdo con el tipo de trabajo que realiza la misma, mismo que deben ser fácilmente manipulables considerando los parámetros de velocidad, precisión, fuerza, alcance y cargas que maneje la máquina o equipo.

Los controles deben ser ubicados en un lugar fácil para su manipulación, cuando se tiene gran variedad de controles se deben poner los más finos cerca al operador y los más toscos alejados de este. Cuando se tiene varias pantallas de

Eficiencia de la máquina y seguridad		SI	No
1.	¿Son fáciles los cortes múltiples o simultáneos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.	¿Son fácilmente accionables las manijas, botones y palancas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.	¿Están las manijas, botones y palancas diseñadas para que representen una ventaja mecánica?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
a)	¿Tienen los botones al menos 0.5 a 2 pulgadas de diámetro, más grandes para torques mayores?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b)	¿Tienen las manivelas y botones un mínimo de 3 a 5 pulgadas de diámetro para cargas ligeras?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c)	¿Tienen las manivelas y los botones más de 9 pulgadas de diámetro para cargas pesadas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.	¿Se utilizan acolchados para evitar la sujeción con la mano?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.	¿Se utilizan guantes e cerrojos para evitar el acceso prohibido?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Diseño de los controles generales		SI	No
1.	¿Se utilizan diferentes colores para los diferentes controles?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.	¿Están claramente identificados los controles?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.	¿Se utiliza la codificación de forma y textura para la identificación mediante el tacto?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
a)	¿Se utilizan no más de siete códigos únicos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.	¿Se utiliza la codificación por tamaño para la identificación mediante el tacto?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
a)	¿Se utilizan no más de tres códigos únicos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b)	¿Son las diferencias en tamaño mayores a 0.5 pulgadas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Diseño de controles de emergencia		SI	No
1.	¿Están los controles de encendido diseñados para evitar su activación accidental?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.	¿Requieren los controles de activación un movimiento de acción única o doble?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.	¿Están los botones de alimentación empotrados?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.	¿Son de color verde los controles de activación?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.	¿Se utilizan los controles de seguridad para los controles activados continuamente?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.	¿Están diseñados los controles de emergencia para activarse rápidamente?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.	¿Los botones de paro están dispuestos de tal manera que sobresalgan?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.	¿Son los controles de emergencia grandes y fáciles de activar?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9.	¿Son fácilmente alcanzables los controles de emergencia?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10.	¿Son los controles de emergencia visibles y de color rojo?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11.	¿Están instalados los controles de emergencia lejos de los demás controles que se utilizan normalmente?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ubicación de los controles		SI	No
1.	¿Están los controles principales frente del operador a la altura de los codos?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
a)	¿Se aplican los principios de frecuencia de uso e importancia para identificar los controles principales?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.	¿Se encuentran los controles secundarios colocados junto a los primarios, pero aún dentro del rango de alcance?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.	¿Se evitan las posturas torcidas para alcanzar los controles?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.	¿Están ubicados los controles en la secuencia de operación adecuada?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.	¿Se encuentran agrupados los controles mutuamente relacionados?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.	¿Están los controles manuales separados al menos 2 pulgadas entre sí?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.	¿Se utilizan tres o menos pedales?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.	¿Están ubicados los pedales a nivel de piso con el fin de evitar el levantamiento de las piernas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9.	¿Se proporciona un banquillo de parados/sentado para la operación de pedales con el pie extendido?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Diseño de la pantalla		SI	No
1.	¿Se encuentran las pantallas dentro del cono visual de visión (en dirección horizontal 30° hacia abajo)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.	¿Se utilizan lámparas indicadoras para llamar la atención del operador?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.	¿Se utilizan señales acústicas como señales de advertencia crítica?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.	¿Se utilizan punteros móviles para indicar tendencias?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.	¿Se proporcionan contadores para obtener lecturas precisas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.	¿Están las pantallas agrupadas de tal manera que resalte una pantalla anormal?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.	¿Están agrupadas las pantallas que se relacionan mutuamente?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Compatibilidad de la pantalla de control		SI	No
1.	¿Se utiliza la asequibilidad (la propiedad que se percibe de como resultado la acción deseada)?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.	¿Se utiliza la retroalimentación para indicar el término de la acción?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.	¿Tanto el control como la pantalla tienen una relación directa?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.	¿La lectura de la pantalla aumenta de izquierda a derecha?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.	¿Los movimientos en el sentido de las manecillas del reloj aumentan el valor de los parámetros?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.	¿Los movimientos en el sentido de las manecillas del reloj cierran las válvulas?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.	En los controles mediante palancas, ¿el movimiento hacia arriba y hacia abajo produce movimiento hacia arriba?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.	Para los controles fuera del plano, ¿se aplica la regla de la mano derecha?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Diseño de etiquetas		SI	No
1.	¿Se utiliza un lenguaje claro y conciso?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.	¿Las letras subtienden al menos 12 minutos del arco que toma el ángulo visual?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.	¿Se utilizan letras oscuras sobre un fondo blanco?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.	¿Se utilizan letras mayúsculas sólo en algunas palabras?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.	¿Se utilizan los símbolos (símbolos, de preferencia) sólo si éstos se entienden fácilmente?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Figura 1.25. Lista de Verificación N° 2.- Para evaluar máquinas (Niebel, 2009, p. 161)

visualización y control se deben agrupar éstas de acuerdo con sus familias de procesos diferenciándolas por colores y posiciones, tratando de mantener la misma dirección que las físicas.

Un buen diseño es el que se siente correcto, mismo que debe soportarse previa a su conceptualización en pruebas realizadas a los operadores para los cuales se está diseñando la máquina.

1.3.3. HERRAMIENTAS

Los principios para escoger las herramientas adecuadas en el sitio de trabajo se presentan a continuación:

- a) Se debe utilizar las herramientas de agarre de acuerdo con el tipo de trabajo que se requiera realizar ya sea este de fuerza o precisión.
- b) Se debe evitar mantener cargas levantadas por periodos largos.
- c) Realizar movimientos de torcido con los codos flexionados a 90° o menos.
- d) La muñeca no debe doblarse para realizar su trabajo por lo que se requiere herramientas que se alineen con el dedo índice.
- e) Utilizar mangos con grandes superficies de contacto, esto con la finalidad que no solo los sectores sensibles de las manos como son las palmas y los dedos ejerzan la fuerza que requerida.
- f) Proporcionar herramientas que se puedan utilizar tanto con la mano izquierda como con la derecha, esto con la finalidad de que todos los trabajadores puedan ejercer la misma fuerza al utilizar determinada herramienta. Adicional es conveniente ofrecer alguna variedad de tamaños de herramientas.
- g) Se debe evitar utilizar herramientas que tengan pulsadores dactilares siempre y

- cuando estos sean continuos durante la jornada de trabajo. Para esto se debe sustituir los mismos por bandas dactilares donde la fuerza la ejerzan más de dos dedos.
- h) Cuando el trabajo requiera fuerza por parte de los dedos se debe utilizar el dedo del medio o en combinación con el índice.
 - i) Los mangos para ejercer fuerza deben tener al menos 1.5 pulgadas de diámetro.
 - j) El largo de los mangos debe tener al menos 4 pulgadas.
 - k) Para herramientas de agarre con dos mangos el espacio mínimo entre estos debe ser de 3 pulgadas.
 - l) El mango debe ser comprimible y con una forma que se amolde fácilmente a la mano eliminando los mangos redondos.
 - m) El peso de las herramientas debe ser menor a 5 libras.
 - n) Utilice los guantes apropiados con la finalidad que estos no presenten una obstrucción a las actividades que realiza y mantenga una temperatura adecuada en las manos.
 - o) Se debe seleccionar las herramientas automáticas apropiadas para sustituir a las manuales, principalmente para colocar tuercas y atornillar, tomando siempre en cuenta que las vibraciones no deben estar dentro de un rango de 40 a 130 Hz, y en caso de estarlo se debe utilizar guantes para amortiguar dichas vibraciones.
 - p) Se debe utilizar las posiciones de la mano – muñeca que permitan aprovechar la fuerza de los operadores al máximo para lo cual se debe mantener las configuraciones y orientaciones apropiadas.

2. METODOLOGÍA

Antes de iniciar con las etapas del estudio de la productividad, problemas y alternativas de mejora de los procesos de descascarillado y refinado de la empresa de chocolates DON ELI se presenta una descripción de la empresa y todos sus procesos.

Chocolates DON ELI es una empresa joven establecida en la ciudad de Quito-Ecuador cuyas instalaciones industriales se encuentran ubicadas en el barrio Turubamba Bajo Calle Moro-moro, pasaje S27-23. Sus actividades de producción empezaron el año 2014 de una forma totalmente artesanal en todos sus procesos.

Para el año 2015 empieza la sustitución del proceso manual de molido por un proceso utilizando un molino de granos acoplado a un motor eléctrico. En el año 2016 se integra una máquina para el proceso de conchado y para 2017 actualmente se está trabajando en una máquina refinadora.

Los productos que actualmente oferta la empresa son los siguientes:



Figura 2.1. Portadas de productos de chocolates DON ELI

DON ELI produce cuatro productos, tres tipos de bombones con relleno ácido, nibs de café y endulzado con Stevia, y un cuarto una barra de un kilogramo con un porcentaje de 95 % de cacao.

La cantidad requerida para cubrir los costos de producción es de 37 Kg semanales, para lo cual deben producir 2200 bombones de 8 gramos y 19

tabletas de 1 kg.

El proceso productivo que se lleva a cabo en la empresa inicia desde la compra del cacao tostado y descascarillado el cual pasa al área de almacenamiento para su posterior pesaje en bandejas de un kilo que son trasladadas a una mesa de almacenamiento provisional para su molido y refinado el cual se realiza pasando tres veces por el mismo. Conforme va saliendo la pasta de cacao es vertida en la conchadora la cual saca los ácidos a la pasta. Posterior se vierte los demás ingredientes del chocolate para la mezcla dentro de la misma máquina.

Una vez terminado el proceso de mezcla se procede a llenar los moldes con chocolate para después verter el excedente dentro de la misma máquina. Luego se pone los rellenos y se vuelve a rellenar con chocolate para tapar las cavidades de los moldes.

A continuación, se procede a dejar los moldes en el congelador hasta que se encuentre en estado para poder desmoldear. Se desmoldea y se espera unos minutos para poder empezar la envoltura, misma que se realiza de forma manual, así como el moldeo.

Posterior a la envoltura se procede con el enfundado, sellado y etiquetado para su almacenamiento previo a la distribución a los vendedores de la empresa. En la Figura 2.2 se presenta las tasas actuales de producción por proceso.

2.1. ESTUDIO DE LA PRODUCTIVIDAD ACTUAL DE LOS PROCESOS DE DESCASCARILLADO Y REFINADO

Para determinar la productividad actual de los procesos de descascarillado y refinado, a continuación, se presenta los métodos y técnicas que se seguirán para este cometido.

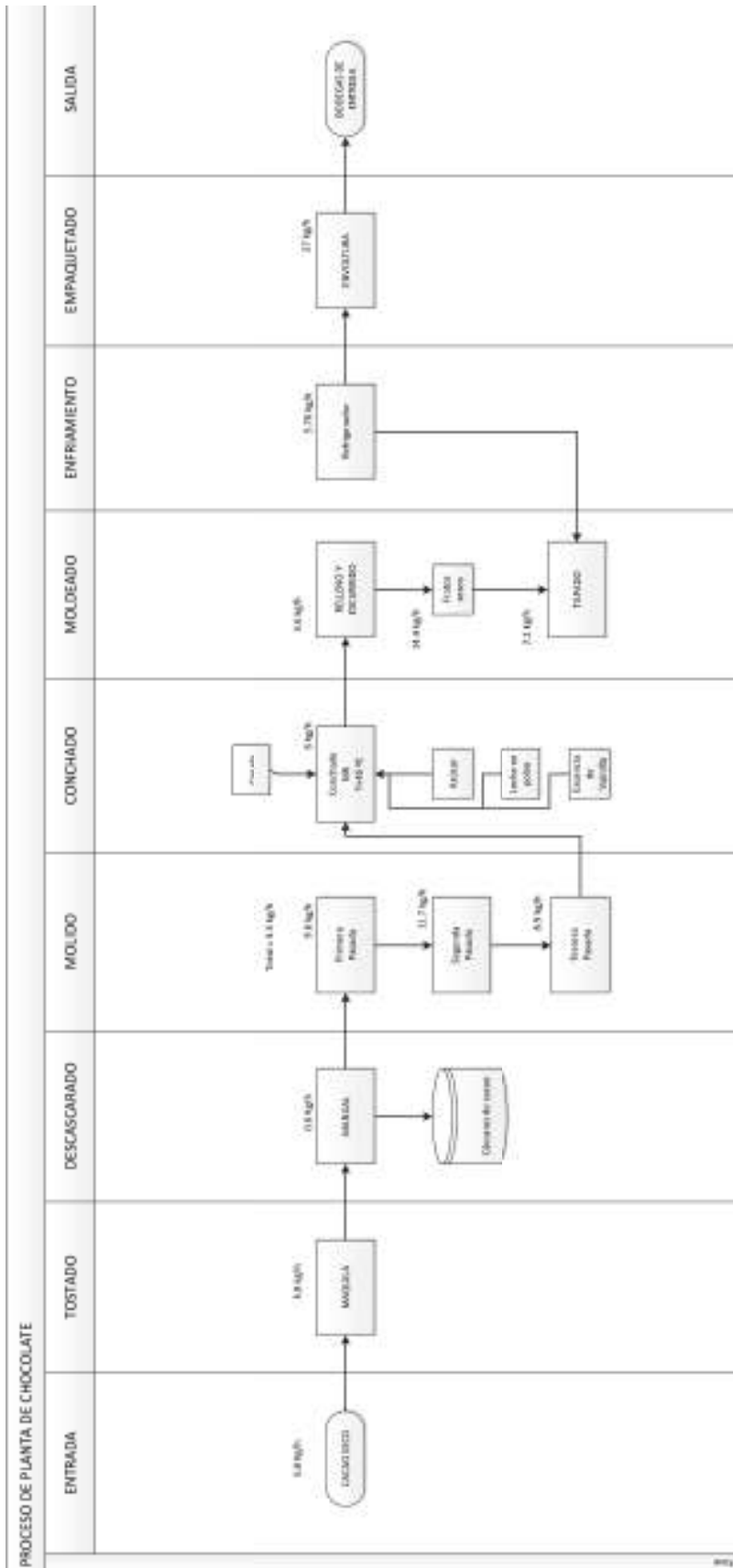


Figura 2.2. Diagrama de flujo general del proceso de producción de la Empresa DON ELI

2.1.1. PROCESO DE DESCASCARILLADO

El proceso de descascarillado que se realiza en la planta de chocolates DON ELI es de una forma completamente artesanal.

A continuación, se presenta la descripción del proceso de descascarillado.

2.1.1.1. Descripción del proceso

El proceso manual de descascarillado empieza desde que se pesan tres lotes de un kilogramo de los granos a descascarar. En una mesa se ponen las bandejas y fundas para la selección de las habas quemadas, no tostadas, cáscaras y habas peladas.

El pelado es realizado por el operario que se encuentra sentado, y sobre una mesa empieza a tomar desde una funda plástica las habas de cacao que ya han sido tostadas previamente.

Con las dos manos el operador procede a aplastar y torcer las habas desprendiendo de esta forma la cáscara que cae sobre una funda que recolecta las respectivas cáscaras. Las habas de cacao peladas son puestas sobre una bandeja inoxidable.

Esta operación de pelado manual se realiza hasta completar un lote de tres kilogramos, momento en el que el operador libera el espacio retirando las fundas y botando a la basura.

A continuación, la bandeja inoxidable de habas descascarilladas con capacidad de 3 kg es llevada al siguiente proceso de refinado. Finalmente, el operador realiza la limpieza de la estación de trabajo como una pausa activa, esto para iniciar nuevamente con las actividades descritas para otro lote de 3 kg, esto hasta completar un lote de 12 Kg y terminar de esta forma el proceso de

descascarillado.

Actualmente un kilogramo de habas de cacao fino de aroma con cascara contiene aproximadamente 848 habas, con lo cual se descascarilla en un lote de 12 Kg 10.171 habas. Se tiene un 23 % en cáscara respecto del peso bruto del haba antes de pelarla, un 1,5 % de habas quemadas y 0,5% de habas no tostadas.

2.1.1.2. Diagrama de flujo

En la Figura 2.3 el diagrama de flujo muestra la forma como se realiza comúnmente el proceso completo de descascarillado.

2.1.1.3. Tiempo Estándar

Para determinar el tiempo estándar del actual proceso de descascarillado, se ha utilizado una hoja de registro para estudio de tiempos donde se ha determinado el número de muestras requeridas conforme la duración de las distintas actividades y operaciones de este proceso.

En la misma hoja se muestran los factores de valoración y suplementos determinados en base a una calificación de las condiciones de trabajo y las habilidades del operador.

Finalmente, dentro de la hoja de registro para estudio de tiempos, se ha determinado el actual tiempo estándar requerido para procesar un lote de 12 Kg.

2.1.1.4. Diagrama de operaciones

Para determinar detalladamente los micromovimientos que el operador realiza con sus manos al desprender las cáscaras de las habas de cacao tostadas, se ha desarrollado un diagrama de operaciones del actual proceso de descascarillado,

donde se presentan las actividades que realizan de manera sincronizada con su mano derecha e izquierda.

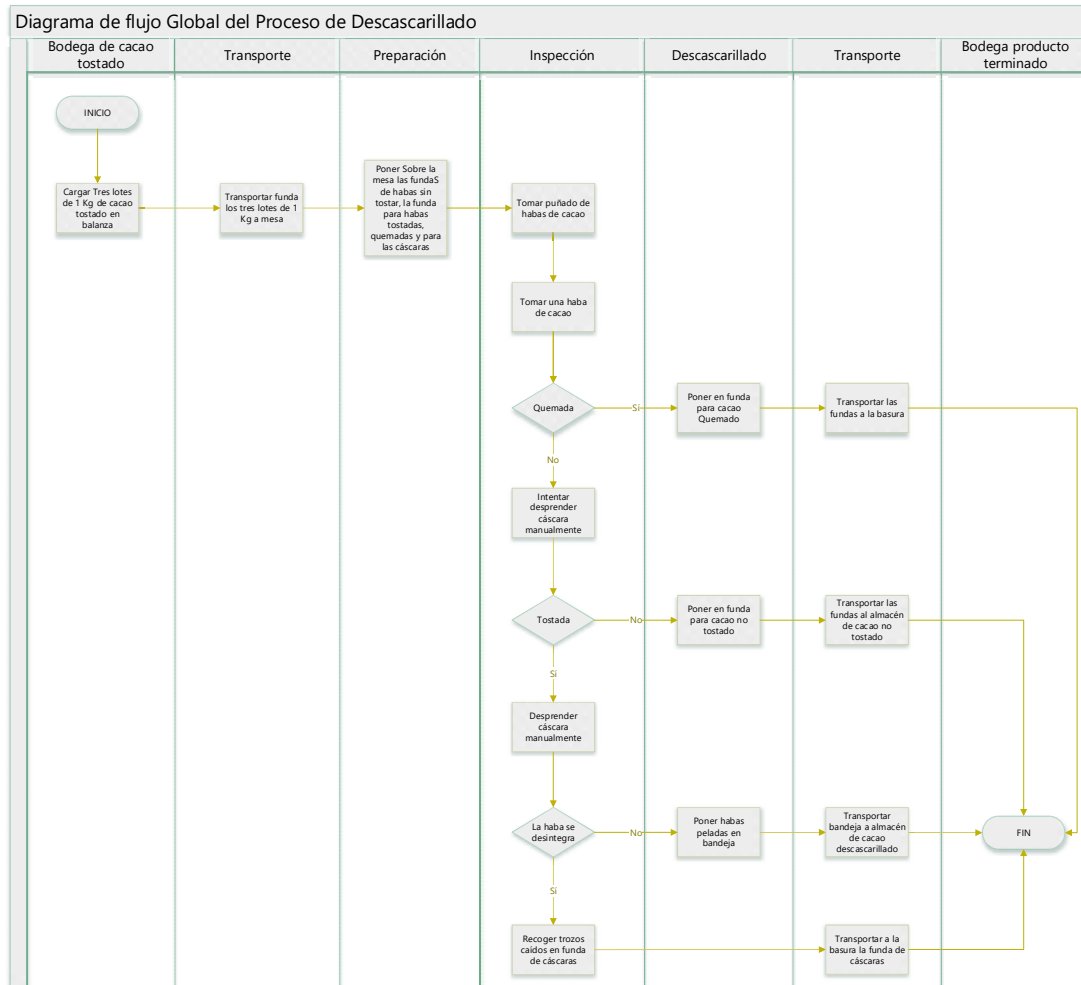


Figura 2.3. Diagrama de flujo del proceso global de descascarillado manual

2.1.1.5. Cálculo de la productividad

En base a los valores calculados para el tiempo estándar total que se demora realizar el proceso de descascarillado se ha procedido a calcular la productividad de la mano de obra, materia prima, capital invertido y energía consumida.

Para el cálculo de la productividad total se debe considerar que el costo del kilogramo de habas tostadas es de 2 dólares y de la hora del operario es de 3,125

dólares. El costo del kw/h es de 0,10 dólares.

2.1.2. PROCESO DE REFINADO

El levantamiento del procedimiento con sus respectivas actividades y tiempos se realizó en febrero de 2 017 en la planta de chocolates DON ELI.

2.1.2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

El proceso de refinado de los trocitos de cacao que previamente ha sido tostados y descascarillado, empieza con el pesaje de tres kilogramos de producto, mismos que son transportados en las tres bandejas azules que dispone la fábrica, un kilogramo en cada uno con la finalidad de llevar un control de la cantidad a refinar.

Las bandejas azules son puestas en una mesa de productos a refinar hasta calibrar el molino para la primera pasada que disminuye el tamaño de los trocitos a partículas de aproximadamente una décima de milímetro. Luego de esto se enciende el molino y se empiezan a poner el producto de las bandejas azules.

Una vez terminado de poner en el molino el producto de una bandeja azul esta se deja en la misma mesa de productos a refinar.

Las partículas que caen del molino son recogidas en una bandeja de acero inoxidable con capacidad para un kilogramo, por lo que al terminar de verterse la primera bandeja azul se debe esperar unos segundos hasta que todo el producto se evacúe del molino, para de esta manera proceder a trasladar la bandeja de acero inoxidable a la mesa de productos refinados. De esta misma forma se procede con el segundo y tercer kilogramo.

Una vez se tienen llenas las tres bandejas de acero inoxidable, el contenido de éstas se vuelven a verter en las bandejas azules para repetir el procedimiento

descrito hasta el momento.

De esta forma, con la segunda pasada se disminuye el tamaño del grano de cacao a un tipo de pasta seca.

Para la tercera pasada el producto se vuelve líquido, resultado del incremento de la temperatura del molino por su continuo rozamiento, mismo que se produce en la segunda pasada y un rozamiento mayor por el ajuste en la tercera. El producto cae sobre una bandeja de acero inoxidable de 3 kg para posteriormente verter la misma en la Conchadora.

2.1.2.2. DIAGRAMA DE FLUJO

Con la finalidad de ilustrar las actividades del proceso descrito, se presenta en la Figura 2.4 su diagrama de flujo.

2.1.2.3. Tiempo Estándar

De la misma forma que para el proceso de descascarillado, el actual tiempo estándar del proceso de refinado se ha determinado a través de una hoja de registro para estudio de tiempos donde se ha tomado el número de muestras requeridas conforme la duración de las distintas actividades y operaciones de este proceso.

En la misma hoja se muestra los factores de valoración y suplementos determinados en base a una calificación de las condiciones de trabajo y las habilidades del operador.

Finalmente, dentro de la hoja de registro para estudio de tiempos, se ha determinado el actual tiempo estándar requerido para procesar un lote de 3 Kg.

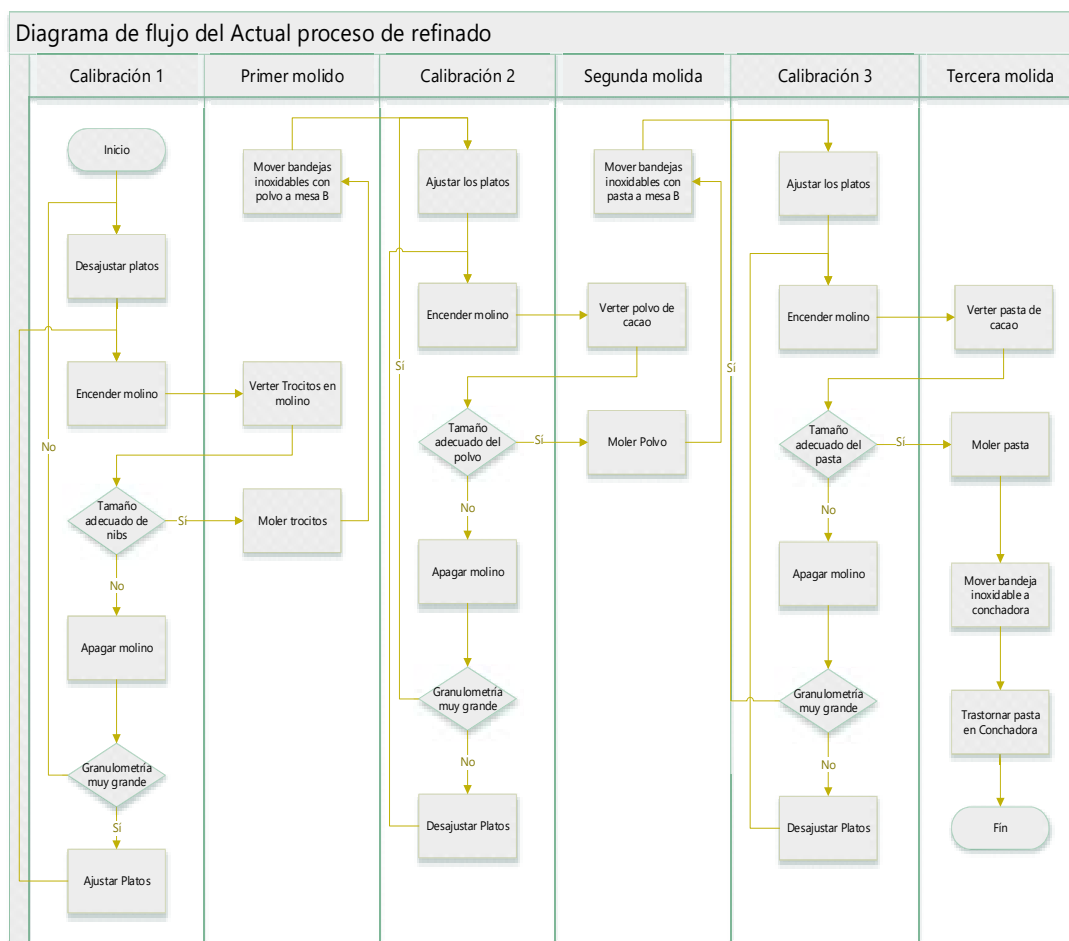


Figura 2.4. Flujograma 1.- Diagrama de flujo del proceso de refinado

2.1.2.4. Gráfica de proceso

Para determinar con más detalle la duración de cada tipo de actividad que se realiza en cada una de las operaciones del proceso de descascarillado, se ha desarrollado una gráfica de proceso donde se muestra un diagrama de recorrido con las distancias físicas entre los equipos y la maquinaria que se utiliza dentro de este proceso.

Se ha determinado los tiempos que se demora en base a las distancias que debe recorrer el producto dentro de la estación de trabajo del proceso de refinado.

2.1.2.5. Cálculo de la productividad

En base a los valores calculados para el tiempo estándar total que se demora realizar el proceso de refinado se ha procedido a calcular las productividades individuales de mano de obra, materia prima, capital invertido y energía consumida.

2.2. DETERMINACIÓN DE LOS PROBLEMAS PRESENTES EN LOS DOS PROCESOS

2.2.1. PROCESO DE DESCASCARILLADO

Para determinar los problemas actuales que se presentan en el proceso de descascarillado se ha utilizado una guía para el análisis del trabajo y lugar de trabajo.

Donde se ha especificado las características del operador, carga de trabajo, fatiga y las facilidades que dispone el lugar del trabajo. Además, se detalla cómo es el flujo de trabajo, su duración y los movimientos que se realiza.

También se analiza mediante una lista de verificación de la estación de trabajo, cuáles son los factores que disminuyen el rendimiento del operador.

2.2.2. PROCESO DE REFINADO

Para la identificación de los problemas presentes en este proceso, se ha utilizado la herramienta de análisis de causa – efecto denominada diagrama de pescado, esto con la finalidad de determinar la raíz de los problemas presentes en base a las actividades que se llevan a cabo dentro de este proceso.

Este diagrama ha sido diseñado por el autor de esta tesis y socializado con

personal de producción de la planta de chocolates DON ELI.

2.3. ALTERNATIVAS DE MEJORA

Para establecer las alternativas de mejora para los dos procesos, se realizó una exposición de las ideas que pueden optimizar los procesos actuales, disminuyendo el tiempo de procesamiento y los recursos empleados. El jefe de producción y los operadores de planta acotaron a la lluvia de ideas opciones diferentes a continuar con las actividades actuales, los cuales se incorporaron a las alternativas de mejora a ser analizadas.

2.3.1. PROCESO DE DESCASCARILLADO

De acuerdo con las alternativas propuestas durante la lluvia de ideas, se ha procedido a seleccionar una de las mismas, estimando las cantidades que se pueden alcanzar a procesar con cada una de estas y cuál sería su costo.

Para el caso de optimizar el proceso de descascarillado actual, se ha desarrollado una mejora de la estación de trabajo mediante la incorporación de herramientas y accesorios, lo que ha permitido disminuir los tiempos y mejorar la productividad del operador. La estimación del porcentaje de mejora de los tiempos se ha incorporado dentro de la hoja de registro de tiempos, determinando cual sería el nuevo tiempo estándar y las correspondientes productividades individuales y la total.

Para el caso de actividades diferentes se ha realizado una prueba experimental utilizando las máquinas existentes y nuevas herramientas, donde se ha incorporado estos datos a la hoja de registro de tiempos, estableciendo un tiempo estándar total de todo el proceso de descascarillado y calculando las productividades correspondientes.

2.3.2. PROCESO DE REFINADO

De acuerdo con las alternativas propuestas durante la lluvia de ideas, se ha procedido a seleccionar una de las mismas, estimando las cantidades que se pueden alcanzar a procesar con cada una de estas y cuál sería su costo.

Para el caso de optimizar el proceso de refinado actual, se ha desarrollado una mejora de la estación de trabajo mediante la incorporación de herramientas y accesorios, lo que ha permitido disminuir los tiempos y mejorar la productividad del proceso. La estimación del porcentaje de mejora de los tiempos se ha incorporado dentro de la hoja de registro de tiempos, determinando cual sería el nuevo tiempo estándar y las correspondientes productividades individuales y la total.

Para el caso de actividades diferentes se ha estimado las características que deben tener las mismas, para que la tasa de producción iguale o supere a la de mejora de las actividades actuales. En base a estas características se ha estimado el costo que tendría la incorporación de la maquinaria, partes, accesorios y herramientas necesarias para implementar estas alternativas. Con la incorporación de lo expuesto se ha procedido a estimar los datos dentro de la hoja de registro de tiempos, estableciendo un tiempo estándar total de todo el proceso de refinado y calculando las productividades correspondientes.

2.4. SELECCIÓN Y DESARROLLO DE LA MEJOR ALTERNATIVA PARA CADA PROCESO.

De acuerdo con las alternativas planteadas en el subcapítulo 2.3 se ha procedido a desarrollar las alternativas propuestas.

2.4.1. SELECCIÓN

Para el proceso de descascarillado el criterio para seleccionar la mejor alternativa se ha basado en el cálculo de la productividad total, donde se ha escogido la alternativa que presenta el mayor aumento de la misma, para lo cual se ha comparado entre estas.

Para el proceso de refinado se ha tomado en consideración además del factor de productividad total, la mayor tasa de producción que se presenta en la productividad individual de producción. También se ha tomado en consideración las exigencias de mejora de la calidad que la planta de chocolates DON ELI requiere, como un requisito para su selección.

2.4.2. DESARROLLO

Para las alternativas seleccionadas en cada proceso, se ha desarrollado el nuevo método que deben seguir para llegar a concretar los datos estimados. Dentro de estos nuevos métodos se especifican las características que deben tener las nuevas partes, herramientas, accesorios y recursos utilizados.

2.5. EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS SELECCIONADAS

Se ha realizado una evaluación del incremento de la productividad con la potencial incorporación de los nuevos métodos desarrollados. Para esto se presenta la comparación de tiempos entre los métodos desarrollados y los que actualmente se tienen. De la misma forma una comparación entre las productividades individuales y totales entre las alternativas seleccionadas con las productividades de los procesos actuales.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

3.1.1. ESTUDIO DE LA PRODUCTIVIDAD ACTUAL DE LOS PROCESOS DE DESCASCARILLADO Y REFINADO

3.1.1.1. Proceso de descascarillado

a) *Tiempo Estándar*

En base a la fórmula establecida en el ítem 1.1.3.4 procedemos a establecer el tiempo estándar para el proceso de descascarillado.

$$T_s = T_o * F_v * (1 + s) \quad [3.1]$$

Dónde:

T_s = Tiempo estándar o tipo.

T_o = Tiempo observado

F_v = Factor de valoración

S = Suplementos

Para el cálculo del factor de valoración utilizamos las tablas del apartado b) correspondientes a los factores de Westinghouse. Se califica la habilidad del operador como Aceptable por lo que se asigna un factor de -0,05. Para el esfuerzo se asigna un factor de +0,05 por considerarlo como bueno. Respecto a las condiciones por estar en un ambiente frío se establece una ponderación de -0,03 como aceptable. Finalmente se asigna un factor de -0,04 por la mala consistencia que se tiene para la separación de la cáscara de las habas.

En resumen, tenemos un $FV = -0,05+0,05-0,03-0,04 = -0,07$

Respecto a la determinación de los suplementos, en base a lo expuesto en la Figura 3.1 tenemos un factor de 5 por holgura personal, 4 por fatiga básica, 2 por una posición incómoda, 2 por el trabajo fino o exacto que debe realizar, 4 por una monotonía alta y 2 por ser un trabajo tedioso.

En total al sumar todas nos da un porcentaje = 19 %.

En la Figura 3.1 se presenta la hoja de registro para estudio de tiempos establecida en base a las actividades descritas en el diagrama de flujo expuesto en la Figura 2.3. Los tiempos observados para el pesaje de las habas con cáscara, su transporte y preparación de la estación de trabajo mediante la colocación de las fundas y bandejas correspondientes han sido tomados por cada kilogramo. El tamaño de la muestra para el descascarillado manual ha sido calculado en base a la variación de los tiempos que tiene el pelar un haba de cacao. La limpieza del área se realiza por cada tres kilogramos que es la capacidad que se tiene para transportar el producto al siguiente proceso que es el descascarillado. Dentro de esta hoja de registro se detallan todos los datos levantados y requeridos para el cálculo del tiempo estándar por actividad, obteniendo de esta forma el tiempo estándar global de todo el proceso.

En el siguiente diagrama de operaciones se detalla los micro movimientos que realiza el operador con cada una de sus manos.

b) Diagrama de operaciones

Se debe tomar en consideración que en la Tabla 3.1 se muestra el diagrama de operaciones cuando las habas peladas son enteras. Cuando las habas se deshacen, cambia el diagrama a una forma no determinada por cuanto no se puede determinar el número de veces y movimientos que se deberán seguir para separar los pedazos de cacao y cáscara entreverados.

REGISTRO PARA ESTUDIO DE TIEMPOS				Estudio Número: 1				Fecha: 13/05/2017				Página: 1 de 1																	
				Operación: DESCASCARILLADO				Operador: DIEGO GAVILÁNEZ				Observador: J. LÓPEZ																	
Número de elemento y descripción		1. Tomar y pesar habas de cacao tostadas				2. Transportar funda de cacao tostado				3. Tomar y transportar fundas y bandejas para cáscaras y cacao pelado				4. Descascarillado manual				5. Colocar fundas de cacao quemado y cáscaras en basurero				6. Colocar bandeja en almacén de cacao descascarillado				7. Limpiar área de trabajo			
Nota	Obs.	FD	LC	TO	TN	FD	LC	TO	TN	FD	LC	TO	TN	FD	LC	TO	TN	FD	LC	TO	TN	FD	LC	TO	TN				
Exacto 1 kg, haba entera	1			52,01				15,32				20,41					8,51				15,25			7,09			92,01		
Exacto 1 kg, haba entera	2			43,92				15,51				19,82					7,33				15,93			6,71			90,99		
Exacto 1 kg, haba pedacea	3			44,73				14,88				21,17					11,28				14,94			6,40			91,20		
Exacto 1 kg, haba pedacea	4			46,36				18,15				20,61					7,26				18,08			7,70			93,30		
Exacto 1 kg, haba entera	5			43,87				14,74				20,76					5,56				14,81			6,79			92,01		
Exacto 1 kg, haba ya pelad	6			48,15				13,92				20,65					4,53				13,86			9,00			91,30		
Exacto 1 kg, haba entera	7			51,05				15,18				19,68					5,38				15,43			4,40			92,00		
Repesaje, mas peso inicia	8			42,91				16,19				22,32					4,29				16,05			5,09			93,01		
Repesaje, menos peso inic	9			53,15				14,32				20,96					4,93				14,84			5,11			91,99		
Repesaje, menos peso inic	10			50,25				13,74				20,24					7,18				13,77			8,17			92,50		
Exacto 1 kg, haba entera	11			47,57				12,93				19,44					4,85				12,93			8,50			93,50		
haba pedaceada	12							13,57									9,16				13,56			6,25			94,20		
haba pedaceada	13							12,83									10,22				12,87			6,10			90,20		
haba entera	14							14,36									8,56						8,82				92,00		
haba entera	15																4,89						6,36				93,01		
haba entera	16																5,69						6,34				91,20		
haba entera	17																5,75						6,23				91,50		
haba entera	18																4,73						6,07				92,51		
haba pedaceada	19																5,74						6,62				92,00		
haba entera	20																5,95						6,88				91,50		
haba entera	21																5,71						6,28				92,80		
haba pedaceada	22																10,19						6,34				92,85		
haba entera	23																5,68						6,26				93,05		
haba entera	24																5,92						6,44				91,60		
haba entera	25																2,98												
haba entera	26																5,53												
haba entera	27																4,84												
haba entera	28																5,48												
haba entera	29																7,61												
haba entera	30																5,85												
haba entera	31																8,39												
haba entera	32																7,67												
haba entera	33																5,73												
haba pedaceada	34																7,64												
haba pedaceada	35																8,33												
RESUMEN																													
TO total		523,97				205,64				226,06				229,34				192,32				159,95				2 212,23			
Factor de desempeño		0,93				0,93				0,93				0,93				0,93				0,93				0,93			
TN total		487,29				191,25				210,24				213,29				178,86				148,75				2 057,37			
Número de observaciones		11,00				14,00				11,00				35,00				13,00				24,00				24,00			
TN promedio		44,30				13,66				19,11				6,09				13,76				6,20				85,72			
Suplemento		0,19				0,19				0,19				0,19				0,19				0,19				0,19			
Tiempo estándar elemental		52,72				16,26				22,74				7,25				16,37				7,38				102,01			
Número de ocurrencias		12,00				12,00				12,00				10 171,43				12,00				12,00				4,00			
Tiempo estándar		571,60				176,26				246,61				66 649,02				177,53				79,98				368,71			
TIEMPO ESTÁNDAR TOTAL (min)																						1 137,83							
ELEMENTOS EXTRAÑOS												VERIFICACIÓN DE TIEMPOS						SUPLEMENTOS											
SIM	LC1	LC2	TD	Descripción								Tiempo de terminación		3:31:07 p. m.		Necesidades personales		5											
A												Tiempo de inicio		3:03:00 p. m.		Fatiga basica		4											
B												Tiempo transcurrido		12:28:07 a. m.		Trabajo se realiza de pie		0											
C												TTAE				Postura anormal		0											
D												TTDE				Uso de la fuerza		0											
E												Tiempo verificado total				Iluminación		0											
F												Tiempo efectivo				Condiciones atmosféricas		0											
G												Tiempo inefectivo				Tensión visual		2											
DESEMPEÑO												Tiempo registrado total				Ruido		0											
Habilidad		-5%		Condiciones				-3%		-7%		Tiempo no contabilizado				Tensión mental		2											
Esfuerzo		5%		Consistencia				-4%				% de error de registro				Monotonía		4											
Observaciones:																		Monotonía física		2									
Tiempo calculado para un lote de 12 Kg																		SUPLEMENTO TOTAL				19%							

Figura 3.1.Hoja de registro para estudio de tiempos del proceso de descascarillado

Tabla 3.1.Diagrama de operaciones del actual proceso de descascarillado

SÍMBOLOS	ACTUAL		PROCESO: Descascarillado EQUIPO: N/A OPERADOR: DG ESTUDIO NUM: 1 ANALISTA: JLL FECHA: 13/05/2017 HOJA NUM. 1 DE 1 MÉTODO (PRESENTE / PROPUESTO) COMENTARIOS:
	MI	MD	
○ OPERACIÓN			
⇒ TRANSPORTE			
□ INSPECCIÓN			
D DEMORA			
▽ ALMACENAMIENTO			

ACTIVIDAD DE MANO IZQUIERDA		DIST	SÍMBOLOS	SÍMBOLOS	DIST	ACTIVIDAD DE MANO DERECHA
ITEM	PRESENTE					PRESENTE
1	Inactiva		○⇒□D▽	○⇒□D▽	30 cm	Extender brazo hasta recipiente con habas de cacao tostado
2	Inactiva		○⇒□D▽	●⇒□D▽		Agarrar puñado de habas de cacao
3	Inactiva		○⇒□D▽	○⇒□D▽	30 cm	Mover puñado de habas de cacao
4	Atrapar puñado de habas de cacao		●⇒□D▽	●⇒□D▽		Verter puñado de habas de cacao
5	Inactiva		○⇒□D▽	●⇒□D▽		Tomar un haba de cacao
6	Desprender la cáscara del haba del cacao		●⇒□D▽	●⇒□D▽		Desprender la cáscara del haba del cacao
7	Inactiva		○⇒□D▽	○⇒□D▽	10 cm	Mover haba de cacao a bandeja

De la misma forma se ha excluido del diagrama de operaciones expuesto en la Tabla 3.1, las habas que se encuentran quemadas o faltan de tostar, puesto que para estos casos se realiza una separación instantánea después del paso cinco.

c) Cálculo de la productividad

En base a los valores calculados para el tiempo estándar total que se demora realizar el proceso de descascarillado, se procede a calcular los valores que ingresan y salen del proceso por mes.

Unidades que ingresan por lote: 12 kg equivalente a 7 628,25 habas con cáscara en un tiempo de 18,96 horas o 2,37 días (días de 8 horas).

Unidades que ingresan por mes: 101,25 kg equivalente a 64 360,49 habas con

cáscara en un tiempo de 160 horas o 1 mes.

Unidades que salen por día de acuerdo con el desperdicio del 23 % que se tiene por la cáscara: 77,96 kg equivalente a 29 557,58 habas con cáscara en un tiempo de 8 horas o 1 día.

Las productividades individuales son las siguientes:

Unidades producidas:

$$P_{UN} = \frac{\text{Unidades Producidas}}{\text{Unidad de Tiempo}} = \frac{49\,557,58 \text{ habas}}{1 \text{ mes}} = 49\,557,58 \frac{\text{haba}}{\text{mes}} \quad [3.2]$$

Mano de obra:

$$P_{MO} = \frac{\text{Unidades Producidas}}{\text{Horas-Hombre}} = \frac{49\,557,58 \text{ haba}}{160 \text{ hora} * 1 \text{ Op}} = 309,73 \frac{\text{habas}}{\text{hh}} \quad [3.3]$$

Materia prima:

$$P_{MP} = \frac{\text{Unidades Producidas}}{\text{Kg ingresados}} = \frac{49\,557,58 \text{ habas}}{101,25 \text{ Kg}} = 489,48 \frac{\text{habas}}{\text{kg}} \quad [3.4]$$

Capital Invertido:

$$P_{MO} = \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Costos de MO+MP}} = \frac{49\,557,58 \text{ habas}}{\left(1 \text{ op} * \frac{500\$}{\text{mes} * \text{op}}\right) + \frac{2\$}{\text{Kg}} * 101,25 \text{ Kg}} = 70,55 \frac{\text{habas}}{\$} \quad [3.5]$$

Energía:

$$P_{MP} = \frac{\text{Unidades Producidas}}{\text{Consumo Eléctrico}} = \frac{49\,557,58 \text{ habas}}{\frac{0,040 \text{ Kw}}{\text{h}} * 160 \text{ hor}} = 7\,743,37 \frac{\text{habas}}{\text{kw}} \quad [3.6]$$

Para el cálculo de la productividad total se debe considerar que el costo del kilogramo de habas tostadas es de 2 dólares y de la hora del operario es de 3,125

dólares. El costo del kw/h es de 0,10 dólares.

$$Productividad_{Total} = \frac{UNIDADES\ PRODUCIDAS}{MO*CMO+MP*CMP+E*CE}$$

$$Productiv_{Total} = \frac{49\ 557,58\ haba}{1\ Op*\frac{500\$}{Op*mes}+101.25Kg*2*\frac{\$}{Kg}+160h*0.04\ \frac{Kw}{h}*0.1\ \frac{\$}{\frac{Kw}{h}}} = 70,48\ \frac{haba}{dolar} \quad [3.7]$$

3.1.1.2. Proceso de refinado

a) *Tiempo Estándar*

A continuación, se presenta una hoja para el estudio de tiempos dónde se ha registrado los datos tomados en las tres pasadas que realiza el producto por el molino.

En la Tabla 3.2. Hoja de Registro para estudio de tiempos del proceso de Refinado, se ha calculado los tiempos observados totales, los factores de desempeño, el tiempo normal, los suplementos para finalmente determinar los tiempos estándar.

b) *Gráfica de proceso*

El procedimiento detallado que se sigue para el refinado de un lote de 3 kg se presenta en la siguiente gráfica de proceso mostrada en la Figura 3.2 y Tabla 3.3.

c) *Cálculo de la productividad*

En base a los valores calculados para el tiempo estándar total que se demora realizar el proceso de refinado se procede a calcular las productividades individuales de mano de obra, materia prima, capital invertido y energía consumida para una unidad de tiempo de un mes dentro de la cual se tendrá una

Tabla 3.3. Flujograma del proceso de refinado

Método actual		x		GRÁFICA DEL PROCESO		
Método propuesto						
OBJETO GRAFICADO: Refinado de 3 kg de trocitos de cacao tostado				FECHA:	9/5/17	
DEPARTAMENTO: Célula de trabajo para el refinado de un lote de 3 kg.				GRAFICADO POR:	JL	
				GRÁFICA NÚM:	1	
				HOJA NÚM.	1 DE 1	
DIST. EN MTS	TIEMPO EN SEG.	SÍMBOLOS UTILIZADOS EN LA GRÁFICA			DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	
1	5	○	→	□	▼	Mover a mesa de molino la bandeja inox. vacía 1
	65	○	→	□	▼	Desajustar y prender molino
1	10	○	→	□	▼	Mover bandeja azul 1 y chuchara desde mesa A hasta molino
	216	○	→	□	▼	Vertir trocitos en molino dosificando por cucharas (primer kilo)
1	10	○	→	□	▼	Mover la bandeja azul vacía 1 desde molino a mesa A
	5	○	→	□	▼	Apagar molino
1	20	○	→	□	▼	transportar bandeja inox. 1 con pasta de cacao a mesa B
	684	○	→	□	▼	Dejar bandeja inox 1 en mesa B
1	5	○	→	□	▼	Mover desde mesa B a mesa de molino la bandeja vacía inox. 2
1	10	○	→	□	▼	Mover bandeja azul 2 y chuchara a molino desde mesa A
	1	○	→	□	▼	Encender molino
	216	○	→	□	▼	Vertir trocitos en molino dosificando por cucharas (segundo kilo)
1	10	○	→	□	▼	Ir a dejar bandeja azul vacía 2 en mesa A
	5	○	→	□	▼	Apagar molino
1	20	○	→	□	▼	Transportar bandeja 2 inox. con pasta de cacao desde mesa de molino a mesa B
	337	○	→	□	▼	Dejar bandeja inox. 2 en mesa B
1	5	○	→	□	▼	Mover la bandeja inox vacía 3 desde mesa B a mesa de molino
1	10	○	→	□	▼	Mover bandeja azul 3 y chuchara ponedora desde mesa A a molino
	1	○	→	□	▼	Encender molino
	216	○	→	□	▼	Vertir trocitos en molino dosificando por cucharas (tercer kilo)
1	10	○	→	□	▼	Mover bandeja azul 3 vacía desde molino a mesa A
	5	○	→	□	▼	Apagar molino
2	20	○	→	□	▼	Transportar bandeja inox 3 desde mesa de molino a mesa A
	60	○	→	□	▼	Transtomar bandeja inox 3 a bandeja azul 1
2	10	○	→	□	▼	Transportar bandeja inox 3 vacía desde mesa A a mesa B
2	10	○	→	□	▼	Transportar bandeja inox. 2 de mesa B a mesa A
	60	○	→	□	▼	Transtomar bandeja inox. 2 a bandeja azul 2
2	10	○	→	□	▼	Transportar bandeja inox. 2 vacía desde mesa A a mesa B
2	10	○	→	□	▼	Transportar bandeja inox. 1 desde mesa B a mesa A
	60	○	→	□	▼	Transtomar bandeja inox. 1 a bandeja azul 3
2	10	○	→	□	▼	Transportar bandeja vacía inox. 1 desde mesa A a mesa B
23	782	TOTAL PRIMERA PASADA				
1	5	○	→	□	▼	Mover a mesa de molino la bandeja inox. 1 vacía
	65	○	→	□	▼	Ajustar y prender molino
1	10	○	→	□	▼	Mover bandeja azul 1 y chuchara desde mesa A hasta molino
	1	○	→	□	▼	Encender molino
	232	○	→	□	▼	Vertir polvo en molino dosificando por cucharas (primer kilo)
1	10	○	→	□	▼	Transportar bandeja vacía azul 1 desde molino a mesa A
	5	○	→	□	▼	Apagar molino
1	20	○	→	□	▼	transportar bandeja inox. 1 con pasta de cacao desde mesa de molino a mesa B
	569	○	→	□	▼	Dejar bandeja inox 1 en mesa B

Tabla 3.3. Flujograma del proceso de refinado (Continuación)

1	5	○	→	□	D	▽	Transportar la bandeja vacía inox. 2 desde mesa B a mesa de molino
	10	○	→	□	D	▽	Mover bandeja azul 2 y chuchara desde mesa A a molino
	1	○	→	□	D	▽	Encender molino
	232	○	→	□	D	▽	Vertir polvo en molino dosificando por cucharas (segundo kilo)
1	10	○	→	□	D	▽	Mover bandeja azul vacía 2 desde molino a mesa A
	1	○	→	□	D	▽	Apagar molino
1	20	○	→	□	D	▽	Transportar bandeja inox. 2 con pasta de cacao desde molino a mesa B
	279	○	→	□	D	▽	Dejar bandeja inox 2 en mesa B
1	5	○	→	□	D	▽	Transportar la bandeja vacía inox. 3 desde mesa B a mesa de molino
1	10	○	→	□	D	▽	Mover bandeja azul 3 y chuchara desde mesa A hasta molino
	1	○	→	□	D	▽	Encender molino
	232	○	→	□	D	▽	Vertir polvo en molino dosificando por cucharas (tercer kilo)
1	10	○	→	□	D	▽	Mover bandeja azul vacía 3 desde molino a mesa A
	1	○	→	□	D	▽	Apagar molino
2	20	○	→	□	D	▽	Transportar bandeja inox. 3 desde mesa B a mesa A
2	10	○	→	□	D	▽	Transportar bandeja inox. 2 desde mesa B a mesa A
2	10	○	→	□	D	▽	Transportar bandeja inox. 1 desde mesa B a mesa A
17	663						TOTAL SEGUNDA PASADA
1	20	○	→	□	D	▽	Transportar la bandeja vacía inox. de 3 Kg desde mesa B a mesa de molino
	67	○	→	□	D	▽	Ajustar molino
1	10	○	→	□	D	▽	Mover bandeja inox. 1 y chuchara desde mesa A hasta molino
	1	○	→	□	D	▽	Encender molino
	308	○	→	□	D	▽	Vertir pasta en molino dosificando por cucharas (primer kilo)
	5	○	→	□	D	▽	Apagar molino
1	10	○	→	□	D	▽	Transportar bandeja vacía inox. 1 desde molino a mesa A
1	10	○	→	□	D	▽	Transportar bandeja inox. 2 y chuchara desde mesa A a molino
	1	○	→	□	D	▽	Encender molino
	308	○	→	□	D	▽	Vertir pasta en molino dosificando por cucharas (segundo kilo)
1	10	○	→	□	D	▽	Mover bandeja vacía inox. 2 desde molino a mesa A
	5	○	→	□	D	▽	Apagar molino
1	10	○	→	□	D	▽	Mover bandeja inox. 3 y chuchara desde mesa A a molino
	1	○	→	□	D	▽	Encender molino
	308	○	→	□	D	▽	Vertir pasta en molino dosificando por cucharas (tercer kilo)
	10	○	→	□	D	▽	Mover bandeja vacía inox. 3 desde molino a mesa A
	5	○	→	□	D	▽	Apagar molino
2	20	○	→	□	D	▽	Transportar bandeja inox de 3 kg con producto refinado a conchadora
	75	○	→	□	D	▽	Transtomar bandeja inox de 3 kg a conchadora
2	10	○	→	□	D	▽	Transportar bandeja inox de 3 kg vacía a mesa B
2	4	○	→	□	D	▽	Trasladarse a mesa A
	6	○	→	□	D	▽	Apilar las tres bandejas azules vacías de la mesa A
9	8	○	→	□	D	▽	Transportar las tres bandejas azules vacías a zona de pesaje
22	867						TOTAL TERCERA PASADA
62	2312						TOTAL REFINADO

producción de 747,39 kg.



Figura 3.2. Diagrama de recorrido del proceso de refinado (Chocolates DON ELI)

Unidades producidas:

$$P_{UN} = \frac{\text{Unidades Producidas}}{\text{Unidad de Tiempo}} = \frac{747,39 \text{ Kg}}{1 \text{ mes}} = 474,39 \frac{\text{Kg}}{\text{mes}} \quad [3.8]$$

Mano de obra:

$$P_{MO} = \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Horas Hombre}} = \frac{747,39 \text{ Kg}}{2 \text{ Operadores} * 160 \text{ horas}} = 2,34 \frac{\text{kg}}{\text{hh}} \quad [3.9]$$

Materia prima:

$$P_{MP} = \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Cacao descascarillado}} = \frac{747,39 \text{ Kg}}{747,21 \text{ Kg}} = 1 \quad [3.10]$$

Capital Invertido:

$$P_{CA} = \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Costos de MO+MP}} = \frac{747,39 \text{ Kg}}{\left(\frac{500\$}{\text{mes}} * 20\right) + \frac{2\$}{\text{Kg}} * 747,39 \text{ Kg}} = 0,30 \frac{\text{Kg}}{\$} \quad [3.11]$$

Energía:

$$P_{EN} = \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Consumo Eléctrico}} = \frac{747,39 \text{ Kg}}{2 \text{ focos} + \text{motor} \frac{1}{2\text{Hp}}}$$

$$P_{EN} = \frac{747,39 \text{ Kg}}{\left(0,372 \frac{\text{kw}}{\text{h}} + 2 * 0,05 \frac{\text{kw}}{\text{h}}\right) * 160\text{h}} = 9,90 \frac{\text{Kg}}{\text{Kw}} \quad [3.12]$$

Para el cálculo de la productividad total se debe considerar que el costo del kilogramo de habas tostadas es de 2 dólares y de la hora del operario es de 3,125 dólares. El costo del kw/hora es de 0,10 dólares.

$$\text{Productividad}_{Total} = \frac{\text{UNIDADES PRODUCIDAS}}{\text{MO} * \text{CM} \quad * \text{CMP} + \text{E} * \text{CE}} \quad [3.13]$$

$$\text{Productividad}_{Total} = \frac{747,39 \text{ Kg}}{2 \text{ Op} * \frac{500\$}{\text{Op} * \text{mes}} + 747,39 \text{ Kg} * 2 \frac{\$}{\text{Kg}} + 16 \quad * 0,472 \frac{\text{Kw}}{\text{h}} * 0,1 \frac{\$}{\text{kw}} \frac{\$}{\text{h}}} = 0,299 \frac{\text{kg}}{\$}$$

Donde:

UN: Unidades

MO: Mano de obra

MP: Materia prima

CA: Capital invertido

EN: Energía

C: Costo

3.1.2. DETERMINACIÓN DE LOS PROBLEMAS PRESENTES EN LOS DOS PROCESOS

3.1.2.1. Proceso de descascarillado

En la Tabla 3.4, se realiza el análisis del trabajo – sitio para lo cual se utiliza la guía expuesta en la Figura 1.20 del capítulo uno.

Respecto al estudio de tiempos se identifica que el tiempo promedio que se demora descascarillar las habas pedaceadas, incluyendo el recoger los pedazos de cáscaras caídas en la bandeja de habas peladas, es de un 55 % más que el

Tabla 3.4. Guía para el análisis del trabajo / lugar de trabajo

<i>Trabajo-sitio de trabajo</i> DESCASCARILLADO		<i>Analista</i> JL	<i>Fecha:</i> 7-27-2017	
<i>Descripción:</i> DESCASCARILLADO MANUAL				
Factores del trabajador			Remítase a	
Nombre: <i>Diego</i>	Edad: 23	Sexo: M F	Altura: 1.82 m	Peso: 180 lbs
Motivación: <i>Alta Media Baja</i>			Satisfacción en el trabajo: <i>Alta Media Baja</i>	
Nivel de educación: <i>Primaria Secundaria Universitaria Postgrado</i>			Nivel de destreza: <i>Alta Media baja</i>	
Equipo de protección personal: <i>Gafas, Mascara, Zapatos, Taponos, Guantes, Mangas.</i>				
Factores de la tarea				
¿Qué pasa? ¿Cómo fluye el producto? LAS HABAS DE CACAO SON PESADAS Y PUESTAS SOBRE LA BALANZA PARA POSTERIORMENTE SER TRANSPORTADAS A LA MESA DE PELADO DONDE SE TIENEN FUNDAS PARA LAS CÁSCARAS Y LAS HABAS QUEMADAS O NO TOSTADAS. DESPUÉS DEL PELADO MANUAL SE PROCEDE A DEJAR LAS BANDEJAS EN LA MESA PARA EL MOLIDO Y LAS DEMÁS FUNDAS SON BOTADAS A LA BASURA. FINALMENTE SE LIMPIA EL ÁREA DE TRABAJO.			<i>Diagrama de flujo de procesos</i> REFERIRSE A LA FIGURA 2.3 Diagrama de flujo del proceso global de descascarillado manual	
¿Qué tipos de movimientos están involucrados? LEVANTAR CARGAS DE HABAS PARA SU PESAJE, TOMAR HABAS, APLASTAR Y TORCER.			<i>Análisis del video, principio de economía de movimientos</i>	
¿Existen soportes o monturas para la operación? ¿Automatización? NEGATIVO			¿Se utilizan herramientas? NO	
¿El lugar de trabajo se encuentra bien diseñado? ¿Hay grandes distancias? NEGATIVO			¿Lista de verificación para evaluar el sitio de trabajo? AFIRMATIVO, REFERIRSE A LA Figura 3.3	
¿Se presentan movimientos irregulares de dedos o muñecas? ¿Con qué frecuencia? AFIRMATIVO, CADA VEZ QUE LAS HABAS SE DESINTEGRAN.			¿Existe algún levantamiento de cargas? NEGATIVO	
¿Esta fatigado el trabajador? ¿Carga de trabajo físico? AFIRMATIVO, PRESENTA MOLESTIAS MUSCULARES EN LA ESPALDA.			¿Qué duración tiene cada ciclo? ¿Cuál es el tiempo estándar? LA DURACIÓN QUE TIENE CADA CICLO ES DE 3 KG CON UNA DURACIÓN DE 284,46 MINUTOS O 4,74 HORAS. EL TIEMPO ESTANDAR TOTAL PARA EL LOTE DE 12 KG ES DE 1137,83 MINUTOS O 18,96 HORAS.	

tiempo de pelar un haba entera.

También se identifica que los tiempos más altos al descascarillar un haba entera, está relacionado con la toma de los puñados de habas, puesto que después de realizar esta acción se presentan estos tiempos. Cabe destacar que los tiempos por tomar los puñados de habas no son altos.

Estación de trabajo-sentado	Si	No
1. ¿Se ajusta fácilmente la silla de acuerdo con las características siguientes?		X
a) ¿Es ajustable la altura de la silla de 15 a 22 pulgadas?		X
b) ¿Tiene la silla un ancho mínimo de 18 pulgadas?	X	
c) ¿Es la profundidad de la silla de 15 a 16 pulgadas?	X	
d) ¿Se puede reclinar la silla $\pm 10^\circ$ respecto a la horizontal?		X
e) ¿Se proporciona un respaldo con soporte lumbar?		X
f) ¿Es el tamaño mínimo del respaldo de 8 x 12 pulgadas?	X	
g) ¿Puede moverse el respaldo de 7 a 10 pulgadas sobre el asiento?		X
h) ¿Puede moverse el respaldo de 12 a 7 pulgadas con respecto al frente de la silla?		X
i) ¿Tiene la silla cinco patas de soporte?		X
j) ¿Tienen ruedas y cabezas giratorias para realizar tareas móviles?		X
k) ¿Puede respirar la cubierta de la silla?		X
l) ¿Se proporciona descansapiés (grande, estable y ajustable en cuanto a altura e inclinación)?		X
2. ¿Se ha ajustado adecuadamente la silla?		X
a) ¿Está ajustada la altura de la silla a la altura poplítea con los pies sobre el piso?		X
b) ¿Existe un ángulo de aproximadamente 90° entre el tronco y los muslos?	X	
c) ¿Está el área lumbar del respaldo en la parte pequeña de la espalda (-línea de la cintura)		X
d) ¿Hay suficiente espacio para las piernas (es decir, hacia la parte de atrás de la estación de trabajo)?	X	
3. ¿Es ajustable la cubierta de la estación de trabajo?		X
a) ¿Está la superficie de la estación de trabajo aproximadamente a la altura del descanso del codo?	X	
b) ¿Se puede bajar la superficie de 2 a 4 pulgadas para el trabajo pesado?		X
c) ¿Se puede elevar (o inclinar) de 2 a 4 pulgadas para el ensamblado a detalle o para tareas en la que se requiera mucho la vista?		X
d) ¿Hay suficiente espacio para los muslos (es decir, con respecto al fondo de la superficie de trabajo)?	X	
4. ¿Se alternan periodos de trabajo con periodos de descanso?	X	

Figura 3.3. Lista de Verificación .- Estación de trabajo del proceso de descascarillado

3.1.2.2. Proceso de refinado

Para la identificación de los problemas presentes en este proceso, se ha utilizado la herramienta de análisis de causa – efecto denominada diagrama de pescado, esto con la finalidad de determinar la raíz de los problemas presentes en base a las actividades que se han estudiado en el subcapítulo anterior. Este diagrama ha sido diseñado por el autor de esta tesis y socializado con personal de producción de la planta de chocolates DON ELI.

En la Figura 3.4 se presenta el diagrama de pescado para el actual proceso de

refinado que se lleva a cabo en la planta de chocolates DON ELI.



Figura 3.4. Diagrama de pescado del proceso de refinado

3.1.3. ALTERNATIVAS DE MEJORA

Para establecer las alternativas de mejora de acuerdo con lo planteado en el plan de tesis, se procedió a realizar una lluvia de ideas junto al jefe de producción y los operadores de planta mediante una reunión que duró alrededor de una hora.

3.1.3.1. Lluvia de ideas del proceso de Descascarillado

En primera instancia en base a los análisis realizados en los subcapítulos anteriores, el autor de la tesis expuso las ideas que tiene para mejorar la productividad del proceso.

De acuerdo con los problemas encontrados en el ítem 2.2.1, se tiene que la estación de trabajo no se ajusta a las necesidades del trabajador, por lo que el mismo presenta dolores de espalda, lo que repercute en su productividad pasado las dos horas. Para esto se recomienda utilizar una silla ajustable y giratoria con un respaldo adecuado para la espalda. También se requiere que la altura de la

mesa sea ajustable.

Para el problema de la desintegración de las habas, se debería incorporar una bandeja adicional, para cuando se detecte este problema el operador pueda desprender la cáscara sobre esta bandeja, permitiendo de esta forma separar las habas que han presentado este problema y mediante la posterior utilización de un ventilador o aspiradora separar más rápidamente los pequeños trozos de cacao de las cáscaras.

Otra manera de mejorar la productividad del descascarillado manual puede ser que al utilizar cajas que permitan tomar las habas por gravedad, se deje de tomar puñados de habas para luego ponerlos sobre la mesa e ir tomando uno por uno. Realizar un entrenamiento continuo para que el operador utilice de manera adecuada las nuevas herramientas que se incorporen, esto con la finalidad a vez que el mismo pueda ir mejorando sus habilidades y destrezas dentro de este proceso.

Por ser un proceso manual, una vez determinado el máximo aumento de la productividad, se deberá determinar el número de operarios que se deberán aumentar para que este proceso deje de ser un cuello de botella.

En reunión mantenida con el jefe de producción y los operadores de la planta, el autor de la tesis expone las ideas para mejorar el proceso manual de descascarillado. Los asistentes de la reunión recomiendan tomar en cuenta las siguientes ideas adicionales:

Tratar de utilizar herramientas manuales que permitan agilizar el descascarillado manual.

Utilizar el molino de granos con su máxima abertura, esto con la finalidad de romper las habas de cacao, para que estas queden en trocitos al igual que las cáscaras y de esta manera poder desprender las cáscaras utilizando un ventilador o una aspiradora. Otra idea para separar los trocitos de cacao de las cáscaras es

pasarla a través de un tamiz que permita dejar caer el polvo de las cáscaras o pedacitos muy pequeños de cáscara que se dificulte ser aspirado o ventilado, evitando se genere un ambiente polvoriento que pueda afectar a la salud de los operadores.

En resumen, las ideas que se han consolidado para mejorar la productividad del proceso de descascarillado se presentan en la Figura 3.5.

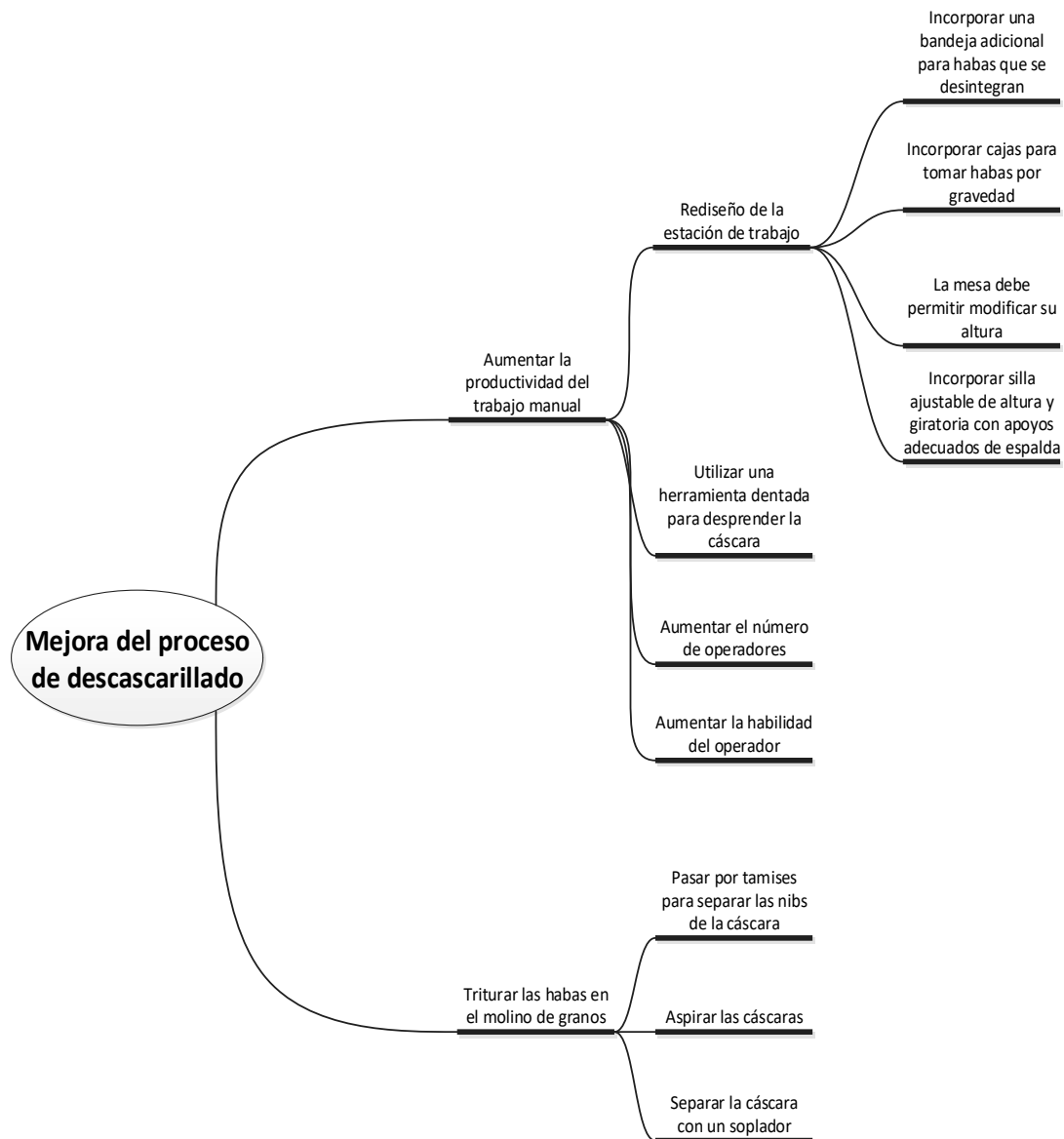


Figura 3.5. Lluvia de ideas 1.- Alternativas de mejora del proceso de descascarillado

De acuerdo con las alternativas propuestas durante la lluvia de ideas, se procede a seleccionar una de las mismas, estimando las cantidades que se pueden alcanzar a procesar con las alternativas que se presentan a continuación y cuál sería su costo.

a) Alternativa de aumentar la productividad del trabajo manual

Mediante la implementación de cajas que permitan tomar más rápida y fácilmente las habas de cacao se reduciría los tiempos altos de pelado los cuales generalmente son de 8 segundos.

Al implementar una bandeja para las habas que se desintegran se podría eliminar los tiempos altos que tienen un tiempo promedio de 11 segundos.

De esta forma se podría tener un tiempo promedio de 5 segundos por haba pelada disminuyendo el tiempo observado de 6,09. La disminución que se tendría sería de 1,09 segundos por las 10 171,43 ocurrencias para el lote de 12 kg, lo cual da como resultado una disminución de 3,07 horas. Como resultado se podría disminuir el tiempo de descascarillado manual de 18,96 horas a 15,88 horas lo que representaría un aumento de la productividad mensual como se muestra a continuación:

Unidades producidas:

$$P_{UN} = \frac{\text{Unidades Producidas}}{\text{Tiempo estandar}} = \frac{59\,165,86\, hab}{1\, mes} = 59\,165,86 \frac{habas}{mes} \quad [3.14]$$

Mano de obra:

$$P_{MO} = \frac{\text{Unidades Producidas}}{\text{Horas-Hombre}} = \frac{59\,165,86\, habas}{160\, hora * 1\, Op} = 369,79 \frac{habas}{mes} \quad [3.15]$$

Materia prima:

$$P_{MP} = \frac{\text{Unidades Producidas}}{\text{Kg ingresan}} = \frac{59\,165,86 \text{ habas}}{120,88 \text{ Kg}} = 489,48 \frac{\text{hab}}{\text{kg}} \quad [3.16]$$

El porcentaje de desperdicio de mantiene el mismo del proceso actual puesto que sigue desprendiéndose la cáscara de una forma manual.

Capital Invertido:

$$P_{MO} = \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Costos de MO+MP}} = \frac{59\,165,86 \text{ hab}}{\left(10 \cdot \frac{500\$}{\text{mes*op}}\right) + \frac{2\$}{\text{Kg}} * 120,88 \text{ Kg}} = 79,77 \frac{\text{hab}}{\$} \quad [3.17]$$

Energía:

$$P_{MP} = \frac{\text{Unidades Producidas}}{\text{Consumo Eléctrico}} = \frac{59\,165,86 \text{ haba}}{\frac{0,040 \text{ Kw}}{\text{h}} * 160 \text{ horas}} = 9\,244,67 \frac{\text{habas}}{\text{kw}} \quad [3.18]$$

La nueva productividad sería:

$$\text{Productividad}_{\text{Total}} = \frac{\text{UNIDADES PRODUCIDAS}}{\text{MO*CMO+M *CMP+E*CE}} = \frac{59\,165,86 \text{ haba}}{10 \text{ Op} * \frac{500\$}{\text{Op*mes}} + 12,88 \text{ Kg} * \frac{2\$}{\text{Kg}} + 160 \text{ h} * 0,04 \frac{\text{Kw}}{\text{h}} * 0,1 \frac{\$}{\text{kw/h}}} = 79,70 \frac{\text{habas}}{\text{dolar}} \quad [3.19]$$

b) Alternativa de utilizar una herramienta dentada para desprender la cáscara

Debido a que las habas de cacao tienen un tamaño pequeño se dificulta su manipulación con herramientas.

Se ha realizado una búsqueda de las posibles herramientas que permitan este trabajo encontrándose las siguientes:

- Pinzas de sujeción de habas
- Pinzas de corte de habas
- Cuchillas para raspar la cáscara

- Herramienta dentada tipo muesca

Las cuales no facilitan el trabajo por el pequeño tamaño de las mismas y el peligro que representa la utilización de las mismas.

c) Alternativa de triturar las habas en el molino de granos

Con la finalidad de establecer y tomar un dato referente a esta alternativa, se realizó una pasada de las nibs de cacao por el molino de granos quitándole el plato de molido, de tal manera que solo el tornillo de desplazamiento de producto pueda romper las habas de cacao. A continuación, se construyó dos tamices de apertura 8 y 12 mm y se utilizó un tamiz fino tipo cedazo para partículas menores a 1 mm. Al pasar por los tamices se clasificó el tamaño de las nibs y cáscaras con lo cual se pudo determinar la fuerza del aire adecuada para cada tamiz. Los tiempos observados fueron los que se muestran en la Figura 3.6.

El porcentaje de peso que la cáscara separada representa con esta alternativa es del 10,5 %.

Unidades producidas:

$$P_{UN} = \frac{\text{Unidades Producidas}}{\text{Unidad de Tiempo}} = \frac{355\ 354,76 \text{ habas}}{1 \text{ mes}} = 355\ 354,76 \frac{\text{habas}}{\text{mes}} \quad [3.20]$$

Mano de obra:

$$P_{MO} = \frac{\text{Unidades Producidas}}{\text{Horas-Hombre}} = \frac{355\ 354,76 \text{ habas}}{160 \text{ hor} \cdot *1 \text{ Op}} = 2\ 220,97 \frac{\text{haba}}{\text{hh}} \quad [3.21]$$

Materia prima:

$$P_{MP} = \frac{\text{Unidades Producidas}}{\text{Kg ingresan}} = \frac{355\ 354,76 \text{ habas}}{624,59 \text{ Kg}} = 568,94 \frac{\text{haba}}{\text{kg}} \quad [3.22]$$

REGISTRO PARA ESTUDIO DE TIEMPOS						Estudio Número: 1				Fecha: 13/05/2017				Página: 1 de 1											
						Operación: DESCASCARILLADO				Operador: DIEGO GAVILÁNEZ				Observador: J. LÓPEZ											
Número de elemento y descripción		1. Tomar y pesar habas de cacao tostadas				2. Transportar funda de cacao tostado				3. Romper habas en molino				4. Descascarillado en tamices				5. Colocar funda en almacén de cacao descascarillado				6. Limpiar área de trabajo			
Nota	Obsv.	FD	LC	TO	TN	FD	LC	TO	TN	FD	LC	TO	TN	FD	LC	TO	TN	FD	LC	TO	TN				
Exacto 1 kg	1			48,15				13,92				224,10				596,24				9,36			91,30		
RESUMEN																									
TO total		48,15				13,92				224,10				596,24				9,36				91,30			
Factor de desempeño		0,93				0,93				0,93				0,93				0,93				0,93			
TN total		44,78				12,95				208,41				554,50				8,70				84,91			
Número de observaciones		1,00				1,00				1,00				1,00				1,00				1,00			
TN promedio		44,78				12,95				208,41				554,50				8,70				84,91			
Suplemento		0,11				0,11				0,11				0,11				0,11				0,11			
Tiempo estándar elemental		49,71				14,37				231,34				615,50				9,66				94,25			
Número de ocurrencias		12,00				12,00				12,00				12,00				12,00				4,00			
Tiempo estándar		577,80				167,04				2689,21				7154,88				112,32				365,20			
TIEMPO ESTÁNDAR TOTAL (min)																							184,44		
ELEMENTOS EXTRAÑOS						VERIFICACIÓN DE TIEMPOS						SUPLEMENTOS													
SIM	LC1	LC2	TO	Descripción		Tiempo de terminación		3:31:07 p. m.		Necesidades personales		4													
A						Tiempo de inicio		3:03:00 p. m.		Fatiga básica		2													
B						Tiempo transcurrido		12:28:07 a. m.		Trabajo se realiza de pie		0													
C						TTAE				Postura anormal		0													
D						TTDE				Uso de la fuerza		0													
E						Tiempo verificado total				Iluminación		0													
F						Tiempo efectivo				Condiciones atmosféricas		0													
G						Tiempo inefectivo				Tensión visual		1													
DESEMPEÑO						Tiempo registrado total						Ruido						0							
Habilidad		-5%		Condiciones		-3%		-7%		Tiempo no contabilizado		Tensión mental		1											
Esfuerzo		5%		Consistencia		-4%				% de error de registro		Monotonía		2											
Observaciones:												Monotonía física		1											
Tiempo calculado para un lote de 12 Kg												SUPLEMENTO TOTAL		11%											

Figura 3.6. Cálculo del tiempo estándar del descascarillado

Capital Invertido:

$$P_{MO} = \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Costos de } MO+MP+EQ(\text{Soplador}+\text{tamice})} = \frac{355\ 354,76 \text{ habas}}{\left(10p * \frac{500\$}{op+mes}\right) + \frac{2\$}{Kg} * 624,59Kg + 3,75 \frac{\$}{mes} * 1mes} = 202,72 \frac{\text{habas}}{\$} \quad [3.23]$$

Costo del soplador \$35 más el de los tamices \$10, total \$45 se prorratea a un año o \$3,75 por mes.

Energía:

$$P_{MP} = \frac{\text{Unidades Producidas}}{\text{Consumo Eléctrico}} = \frac{17\,767,74 \text{ habas}}{2 \text{ focos} + \text{motor} \frac{1}{2H} + \text{soplado}} =$$

$$\frac{17\,767,74 \text{ habas}}{(2 * 0,04 \frac{\text{kw}}{\text{h}} + 0,372 \frac{\text{kw}}{\text{h}} + 0,220 \frac{\text{kw}}{\text{h}}) * 160 \text{ hor}} = 3\,305,01 \frac{\text{habas}}{\text{kw}} \quad [3.24]$$

La nueva productividad total sería:

$$Productividad_{Total} = \frac{UNIDADES PRODUCIDAS}{MO * CMO + MP * CMP + E * CE + CI} =$$

$$\frac{17\,767,74 \text{ habas}}{1 \text{ Op} * \frac{500\$}{\text{Op} * \text{mes}} + 624,59 \text{ Kg} * 2,0 \frac{\$}{\text{Kg}} + 160 \text{ h} * 0,672 \frac{\text{Kw}}{\text{h}} * 0,1 \frac{\$}{\text{kw}} + 3,75 \frac{\$}{\text{mes}} * 1 \text{ mes}} = 201,48 \frac{\text{habas}}{\text{dolar}} \quad [3.25]$$

3.1.3.2. Lluvia de ideas del proceso de Refinado

De la misma forma que lo realizado para el proceso anterior en la Figura 3.7 se han consolidado las ideas que se han generado por parte del autor de la tesis para mejorar la productividad del proceso de refinado, esto en base a los análisis realizados en los ítems 2.1.2 y 2.2.2. y las opiniones del personal de planta.

Respecto a la mano de obra los operadores han presentado fatiga tanto por estar parados como por estar aplastando el producto en la tolva del molino. Para lo cual se propone implementar una bandeja dosificadora a la entrada de la tolva del molino, esto con la finalidad de que el operador deje de hacerlo, además de que se procese rápidamente el producto eliminando el tener que estar aplastando el producto.

La acumulación que se presenta en las bandejas de un kilogramo se debe eliminar mediante la implementación de un embudo que permita direccionar el producto hacia una bandeja que tenga una capacidad de al menos 3,5 kg. Con esta bandeja se logrará además de eliminar la tensión del operario por cambiar y distribuir el producto dentro de la misma para que no se riegue, el de eliminar los tiempos por cambio de bandejas y el trabajo del operador para distribuir el producto.

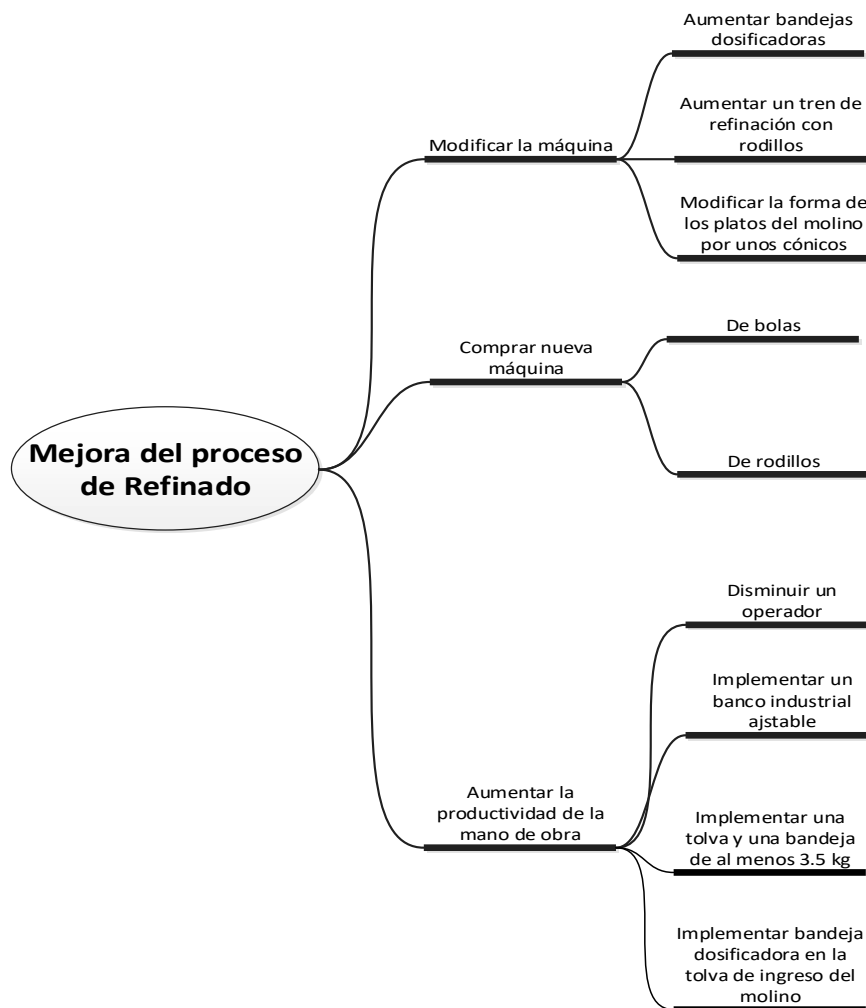


Figura 3.7. Lluvia de ideas 2.- Alternativas de mejora del proceso de refinado

Respecto a la maquinaria utilizada se debe lubricar la bolita del molino antes del inicio del trabajo, permitiendo que este gire sin producto por unos cinco minutos hasta que se escurra el lubricante y de esta forma no contamine el producto.

En reunión mantenida con el jefe de producción y los operadores de la planta, el autor de la tesis expone las ideas para mejorar el proceso de refinado. Los asistentes de la reunión recomiendan tomar en cuenta las siguientes ideas adicionales:

Por ser necesario mejorar la granulometría de la pasta de cacao, se manifiesta que se requiere adicionar un molino de rodillos, bolas o de platos cónicos.

De acuerdo con las alternativas propuestas durante la lluvia de ideas, se procede a seleccionar una de las mismas, estimando las cantidades que se pueden alcanzar a procesar con las alternativas que se presentan a continuación y cuál sería su costo.

a) Alternativa de aumentar la productividad de la mano de obra

Para aumentar la productividad de la mano de obra se requiere implementar una bandeja dosificadora de las nibs de cacao, con lo cual se reduciría el tiempo y trabajo de un operador al verter las nibs mientras se muele. De la misma manera se obviaría el tener que estar aplastando las nibs para su rápido procesamiento.

Se estima que la tasa de procesamiento aumentaría en al menos un 20 % en cada pasada.

Otro requerimiento para aumentar la productividad de la mano de obra es el de implementar una tolva a la salida del molino y una bandeja de al menos 3,5 kg de capacidad donde caería el producto. Esto representa una disminución en los tiempos de transporte de las tres bandejas a la mesa B de producto refinado y posteriormente a la mesa A. El ahorro de tiempo que esto representa es de al menos un 66 % al tener que solo movilizar una bandeja en vez de las tres. También se presenta una disminución a la tercera parte de los tiempos por apagar el molino.

Al implementar los accesorios sugeridos ya no se requeriría que intervenga el segundo operador en este proceso con lo cual quedaría la mejora de la productividad de la siguiente forma:

Unidades producidas:

$$P_{UN} = \frac{\text{Unidades Producidas}}{\text{Unidad de Tiempo}} = \frac{1\,033,49\text{ kg}}{1\text{ mes}} = 1\,033,49 \frac{\text{kg}}{\text{mes}} \quad [3.26]$$

Mano de obra:

$$P_{MO} = \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Horas Hombre}} = \frac{1\,033,49\text{ kg}}{(1\text{ Operador} * 16\%) * 160\text{ horas}} = 40,27 \frac{\text{kg}}{\text{hh}} \quad [3.27]$$

Se ha calculado de acuerdo con la hoja de registro de tiempos cuál es el porcentaje de intervención del operador durante el proceso, en las diferentes actividades del mismo.

Materia prima:

$$P_{MP} = \frac{\text{Unidades producidas salen}}{\text{Cacao que ingresa descascarillado}} = \frac{1\,033,49\text{ kg}}{1\,033,23\text{ kg}} = 1,00 \quad [3.28]$$

Capital Invertido:

$$P_{MO} = \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Costos de MO+MP+INV}} = \frac{1\,033,49\text{ kg}}{\left(\frac{500\$}{\text{mes}} * 10p * 16\%\right) + \frac{2\$}{\text{Kg}} * 1\,033,49\text{ kg} + \frac{300\$}{5\text{ años}} * \frac{1\text{ año}}{12\text{ meses}} * 1\text{ me}} = 0,48 \frac{\text{kg}}{\$} \quad [3.29]$$

INV = Costo de utilizar bandeja dosificadora y recolectora en 5 años.

Energía:

$$P_{MP} = \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Consumo Eléctrico}} = \frac{1\,033,49\text{ kg}}{2\text{ focos} + \text{motor } 1/2\text{Hp}}$$

$$P_{MP} = \frac{1\,033,49\text{ kg}}{\left(2 * 0,05 \frac{\text{kw}}{\text{h}} + 0,372 \frac{\text{kw}}{\text{h}}\right) * 160\text{h}} = 13,68 \frac{\text{kg}}{\text{kw}} \quad [3.30]$$

Para el cálculo del factor de productividad total se debe considerar que el costo del kilogramo de habas tostadas es de 2 dólares y de la hora del operario es de 3,125 dólares. El costo del kw/hora es de 0,10 dólares.

De acuerdo con lo expuesto se procede a multiplicar el consumo por el costo de cada rubro.

$$Productividad_{Total} = \frac{UNIDADES\ PRODUCIDAS}{MO*CMO+M *CMP+E*CE+I}$$

$$P_T = \frac{1\ 033,49\ kg}{(1\ Op*0,16\%)*\frac{500\$}{Op*mes}*1mes+1\ 033,49\ kg*2\frac{\$}{Kg}+\left(0,472\frac{Kw}{h}*0,1\frac{\$}{Kw}\right)*160h+\frac{300\$}{5años}*\frac{1\ año}{12\ meses}*1mes}$$

$$P_T=0,480\frac{kg}{\$} \quad [3.31]$$

b) Alternativa de modificar la máquina

La alternativa de modificar la máquina de molino de granos consiste en aumentar una bandeja dosificadora al ingreso al molino, esto con la finalidad de eliminar la dosificación manual. Aumentar al menos un par de rodillos a la salida del producto molido, esto permitirá disminuir la granulometría de la pasta de cacao al menos a 30 micras.

Los rodillos deben permitir procesar al menos 1 kg cada 2,5 min para superar la velocidad de procesamiento del molino, tomando en cuenta una mejora del 20 % por la implementación de la bandeja dosificadora. De esta manera se podrá evitar congestionamientos de producto con el correspondiente retraso de la nueva tasa de producción del molino.

De esta forma el tiempo de la segunda y tercera pasada se eliminarán, por lo que el tiempo estándar sería el que se muestra en la Figura 3.8.

Con este nuevo tiempo estándar las productividades individuales quedarían de la siguiente manera:

Unidades producidas:

REGISTRO PARA ESTUDIO DE TIEMPOS													
Número de elemento y descripción	Estudio Número: 2			Fecha: 2/22/2017			Página: 1 de 1			Observador: J. LÓPEZ			
	Obsv.	FD	LC	TO	TN	FD	LC	TO	TN	FD	LC	TO	TN
1. Calibrar y encender molino													
2. Colocar nbs de sacapico a poco encender molino y presionar con punzón													
3. Apagar molino													
4. Retirar y bandeja vacía en caso moldeado a mesa													
5. Colocar bandeja vacía en encender molino													
6. Colocar pasta de sacapico en bandeja y presionar con punzón a la vez													
7. Apagar molino													
8. Retirar y bandeja vacía en caso moldeado a mesa													
9. Colocar bandeja vacía en molino, ajustar y encender molino													
10. Colocar pasta de sacapico en bandeja y presionar con punzón a la vez													
11. Apagar molino													
12. Retirar bandeja llena de en caso de molino entregar para conchadora en conchadora													
13. Esperar que operador de conchadora vacie bandeja													
Nota													
1	0.850	4.000	0.261	0.068	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.261	0.985
2	0.830	3.013	0.251	0.063	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.251	0.962
3	0.830	2.832	0.251	0.063	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.251	0.968
4	0.860	2.810	0.261	0.063	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.261	0.972
5	0.860	2.910	0.261	0.063	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.261	0.972
6	0.850	2.845	0.261	0.060	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.261	0.953
7	0.870	2.233	0.261	0.072	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.261	0.958
8	0.820	3.282	0.261	0.070	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.261	0.934
9	0.850	3.000	0.261	0.067	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.261	0.934
10	0.840	2.832	0.261	0.059	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.261	0.927
11	0.840	2.718	0.261	0.059	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.261	0.927
12	0.830	2.532	0.261	0.059	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.261	0.927
13	0.830	2.477	0.261	0.059	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.261	0.927
14	0.830	3.010	0.261	0.059	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.261	0.927
15	0.830	2.689	0.261	0.059	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.261	0.927
16	0.830	2.599	0.261	0.059	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.261	0.927
17	0.830	2.722	0.261	0.059	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.261	0.927
18	0.830	2.672	0.261	0.059	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.261	0.927
19	0.830	2.535	0.261	0.059	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.261	0.927
20	0.830	2.648	0.261	0.059	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.261	0.927
21	0.830	2.613	0.261	0.059	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.261	0.927
22	0.830	2.613	0.261	0.059	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.261	0.927
23	0.830	2.652	0.261	0.059	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.261	0.927
24	0.830	2.647	0.261	0.059	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.261	0.927
25	0.830	2.715	0.261	0.059	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.261	0.927
26	0.830	2.715	0.261	0.059	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.261	0.927
RESUMEN													
TO total	8.46	58.74	0.65	2.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.61	9.54
Factor de desempeño	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11	1.11
TN total	9.39	65.20	0.72	2.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.90	10.59
Número de observaciones	10.00	26.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
TN promedio	0.94	2.51	0.07	0.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.29	1.06
Suplemento	15%	15%	15%	15%	16%	16%	16%	16%	16%	16%	16%	16%	16%
Tiempo estándar elemental	1.08	2.88	0.08	0.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.34	1.25
Número de ocurrencias	1.00	3.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Tiempo estándar	0.85	6.78	0.07	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.26	0.95
ELEMENTOS EXTRAÑOS													
SIM	LCI	LCZ	TO	DESCRIPCIÓN									
A				Necesidades personales									
B				Fatiga básica									
C				Trabajo se realiza de pie									
D				Postura anormal									
E				Uso de la fuerza									
F				Iluminación									
G				Condiciones atmosféricas									
				Tensión visual									
				Ruido									
				Tensión mental									
				Monotonía									
				Monotonía física									
DESEMPEÑO				SUPLEMENTOS									
Habilidad	3%			CONDICIONES PASADA 1									
Esfuerzo	5%			CONDICIONES PASADA 2									
Observaciones: Tiempo de procesamiento para 3kg				15%									
				18%									

Figura 3.8.Cálculo del tiempo de estándar al modificar la máquina

$$P_{UN} = \frac{\text{Unidades Producidas}}{\text{Unidad de Tiempo}} = \frac{3\,142,52\text{ Kg}}{\text{mes}} = 3\,142,52 \frac{\text{Kg}}{\text{mes}} \quad [3.32]$$

Mano de obra:

$$P_{MO} = \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Horas Hombre}} = \frac{3\,142,52\text{ Kg}}{(1\text{ Operador} * 26\%) * 160\text{ hora}} = 75,41 \frac{\text{Kg}}{\text{hh}} \quad [3.33]$$

Se ha calculado de acuerdo con la hoja de registro de tiempos cuál es el porcentaje de intervención del operador durante el proceso, en las diferentes actividades del mismo.

Materia prima:

$$P_{MP} = \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Cacao descascarillado}} = \frac{3\,142,52\text{ Kg}}{3\,141,75\text{ Kg}} = 1,00 \quad [3.34]$$

Capital Invertido:

Se debe tener en cuenta que las modificaciones se prevé prorratear el costo para su vida útil de al menos 5 años.

$$P_{CI} = \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Costos de MO+MP+INV}} = \frac{3\,142,52\text{ Kg}}{\left(\frac{500\$}{\text{mes} * \text{Op}} * 10p * 26\%\right) + \frac{2\$}{\text{Kg}} * 3\,141,75\text{ Kg} + \frac{3300\$}{5\text{ años}} * \frac{1\text{ año}}{12\text{ meses}} * 1\text{mes}} = 0,50 \frac{\text{kg}}{\$} \quad [3.35]$$

Energía:

$$P_{EN} = \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Consumo Eléctrico}} = \frac{3\,142,52\text{ Kg}}{2\text{ focos} + \text{moto} \frac{1}{2\text{Hp}} + \text{mot} \quad 1\text{ Hp}} = \frac{3\,142,52\text{ Kg}}{\left(2 * \frac{0,05\text{kw}}{\text{h}} + \frac{0,372\text{kw}}{\text{h}} + 0,744 \frac{\text{kw}}{\text{h}}\right) * 160\text{h}} = 16,15 \frac{\text{kg}}{\text{kw}} \quad [3.36]$$

Para el cálculo del factor de productividad total se debe considerar que el costo del kilogramo de habas tostadas es de 2 dólares y de la hora del operario es de

3,125 dólares. El costo del kw/hora es de 0,10 dólares.

De acuerdo con lo expuesto se procede a multiplicar el consumo por el costo de cada rubro.

$$Productividad_{Total} = \frac{UNIDADES PRODUCIDAS}{MO*CMO + *CMP + E*CE + C} =$$

$$\frac{3\ 142,52\ Kg}{(1\ Op*26\%)*\left(\frac{500\$}{Op*mes}\right)*1mes + 3\ 141,75\ Kg*\frac{\$}{Kg} + (160h*1,216\ \frac{Kw}{h})*0,1\ \frac{\$}{Kw} + \frac{3300\$}{5años}*\frac{1\ año}{12\ meses}*1mes} = 0,484\ \frac{kg}{\$}$$

[3.37]

c) Alternativa de Comprar nueva máquina

De la misma forma que la alternativa anterior, para seleccionar la máquina, ésta deberá procesar al menos 1 kg cada 2,5 min en base al tiempo mejorado para una pasada en el molino. De acuerdo con el proceso del chocolate, se ha investigado la oferta de una máquina refinadora que procese esta capacidad encontrando la que se muestra en la Figura 3.9. Las características de esta máquina se encuentran detalladas en el ANEXO 1.



Figura 3.9. Máquina refinadora de 200 a 300 kg/h

Por las características de esta máquina refinadora, primero se debe pasar una vez por el molino para posterior verter el cacao granulado en la tolva de la misma. En virtud de lo expuesto la estimación de la hoja de registro sería la que se muestra en la Figura 3.10.

El costo de esta máquina en Perú es de 2 800 dólares, más la importación y el transporte se estima en 3 500 dólares, adicional a esto se mantendría la incorporación de la tolva dosificadora a la entrada del molino y la bandeja a la salida del mismo, lo que representa un costo adicional de 300 dólares con lo cual el costo total de la alternativa sería de 3 800 dólares como inversión.

Con lo que las productividades individuales quedarían de la siguiente forma:

Unidades producidas:

$$P_{UN} = \frac{\text{Unidades Producidas}}{\text{unidad de tiempo}} = \frac{2\,703,82\text{ kg}}{\text{mes}} = 2\,703,82 \frac{\text{kg}}{\text{mes}} \quad [3.38]$$

Mano de obra:

$$P_{MO} = \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Horas Hombre}} = \frac{2\,703,82\text{ kg}}{(1\text{ Operador} * 31\%) * 160\text{ horas}} = 54,58 \frac{\text{kg}}{\text{hh}} \quad [3.39]$$

Se ha calculado de acuerdo con la hoja de registro de tiempos cuál es el porcentaje de intervención del operador durante el proceso, en las diferentes actividades del mismo.

Materia prima:

$$P_{MP} = \frac{\text{Unidades producidas salen}}{\text{Cacao que ingresa descascarillado}} = \frac{2\,703,82\text{ kg}}{2\,703,15\text{ kg}} = 1,00 \quad [3.40]$$

Capital Invertido:

Se debe tener en cuenta que la nueva máquina se prevé prorratear el costo para

REGISTRO PARA ESTUDIO DE TIEMPOS		Fecha: 22/02/2017		Página: 1 de 1													
Estudio Número: 2		Operación: DIEGO GAVILÁN/VARINA MORENO		Observador: J. LÓPEZ													
Operación: MOLINO Y REFINADO (MÁQUINA REFINADORA)		8. Retirar y transportar bandeja llena de cacao poco a poco en molino a refinadora		9. Colocar bandeja vacía en molino, ajustar y encender molino													
Operación: 2. Colocar bandeja vacía en tova dosificadora de molino		4. Retirar y transportar bandeja llena de cacao a refinadora		5. Colocar bandeja vacía a la salida de la refinadora y encender													
Operación: 3. Apagar Molino		7. Apagar refinadora		10. Colocar pasta de cacao poco a poco en tova de molino a la vez													
Operación: 1. Encender Molino		11. Apagar molino		13. Retirar bandeja llena de cacao de refinadora y entregar para colocar en conchadora													
Nota	Obs.	FD	LC	TO	TN	FD	LC	TO	TN	FD	LC	TO	TN	FD	LC	TO	TN
	1	0,850		4,000	0,668	0,240		0,668	0,000	0,000		0,240	0,985				
	2	0,830		3,013	0,655	0,240		0,655	0,000	0,000		0,240	0,962				
	3	0,830		2,832	0,659	0,240		0,659	0,000	0,000		0,240	0,988				
	4	0,860		2,882	0,659	0,240		0,659	0,000	0,000		0,240	0,943				
	5	0,850		2,845	0,651	0,240		0,651	0,000	0,000		0,240	0,952				
	6	0,850		2,845	0,651	0,240		0,651	0,000	0,000		0,240	0,952				
	7	0,870		2,833	0,672	0,240		0,672	0,000	0,000		0,240	0,934				
	8	0,870		3,282	0,670	0,240		0,670	0,000	0,000		0,240	0,918				
	9	0,850		3,000	0,667	0,240		0,667	0,000	0,000		0,240	0,934				
	10	0,840		2,832	0,659	0,240		0,659	0,000	0,000		0,240	0,982				
	11	0,778		2,778	0,675	0,240		0,675	0,000	0,000		0,240	0,982				
	12	0,840		2,840	0,666	0,240		0,666	0,000	0,000		0,240	0,982				
	13	0,824		2,824	0,674	0,240		0,674	0,000	0,000		0,240	0,982				
	14	0,840		2,840	0,666	0,240		0,666	0,000	0,000		0,240	0,982				
	15	0,840		3,010	0,660	0,240		0,660	0,000	0,000		0,240	0,982				
	16	0,840		2,840	0,666	0,240		0,666	0,000	0,000		0,240	0,982				
	17	0,840		2,840	0,666	0,240		0,666	0,000	0,000		0,240	0,982				
	18	0,840		2,840	0,666	0,240		0,666	0,000	0,000		0,240	0,982				
	19	0,840		2,840	0,666	0,240		0,666	0,000	0,000		0,240	0,982				
	20	0,840		2,840	0,666	0,240		0,666	0,000	0,000		0,240	0,982				
	21	0,840		2,840	0,666	0,240		0,666	0,000	0,000		0,240	0,982				
	22	0,840		2,840	0,666	0,240		0,666	0,000	0,000		0,240	0,982				
	23	0,840		2,840	0,666	0,240		0,666	0,000	0,000		0,240	0,982				
	24	0,840		2,840	0,666	0,240		0,666	0,000	0,000		0,240	0,982				
	25	0,840		2,840	0,666	0,240		0,666	0,000	0,000		0,240	0,982				
	26	0,840		2,840	0,666	0,240		0,666	0,000	0,000		0,240	0,982				
RESUMEN																	
TD total		8,46		58,74	0,65	2,61		8,46	4,99	0,65	2,61		0,00	0,00		0,00	0,00
Factor de desempeño		1,11		1,11	1,11	1,11		1,11	1,11	1,11	1,11		1,11	1,11		1,11	1,11
TN total		9,39		65,20	0,72	2,90		9,39	5,54	0,72	2,90		0,00	0,00		0,00	10,59
Número de observaciones		10,00		26,00	10,00	10,00		26,00	26,00	10,00	10,00		10,00	10,00		10,00	10,00
TN promedio		0,94		2,51	0,07	0,29		0,94	0,21	0,07	0,29		0,00	0,00		0,29	1,06
Suplemento		15%		15%	15%	16%		16%	16%	16%	16%		16%	16%		16%	16%
Tiempo estándar elemental		1,08		2,88	0,08	0,33		1,09	0,25	0,08	0,34		0,00	0,00		0,34	1,25
Número de ocurrencias		1,00		3,00	1,00	1,00		3,00	3,00	1,00	1,00		1,00	1,00		1,00	1,00
Tiempo estándar		0,85		6,78	0,07	0,25		0,85	0,58	0,07	0,25		0,00	0,00		0,25	0,95
ELEMENTOS EXTRAÑOS																	
SI	LC1	LC2	TO	Descripción	VERIFICACIÓN DE TIEMPOS	MOLDO	REFINADO PASADA 1	REFINADO PASADA 2									
A				Tiempo de terminación	10:02:16	5	5	5									
B				Tiempo de inicio	9:15:00	4	4	4									
C				Tiempo transcurrido	0:47:16	2	2	2									
D				ITAE		0	0	0									
E				ITDE		0	0	0									
F				Tiempo verificado total		0	0	0									
G				Tiempo efectivo		0	0	0									
DESEMPEÑO																	
Habilidad	3%	Condiciones	2%	Tiempo registrado total		0	0	0									
Esfuerzo	5%	Condiciones	3%	Tiempo no contabilizado		1	1	1									
				% de error de registro		1	1	1									
Observaciones: Tiempo de procesamiento para 3kg						15%	16%	18%									

Figura 3.10. Cálculo del tiempo estándar del refinado comprando una refinadora

su vida útil de al menos 5 años.

$$P_{MO} = \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Costos de MO+MP+INV}} =$$

$$P_{MO} = \frac{2\,703,82\text{ kg}}{\left(\frac{500\$}{\text{mes} \cdot \text{Op}} \cdot 1\text{mes} \cdot 10 \cdot 31\%\right) + \frac{2\$}{\text{Kg}} \cdot 2\,703,15\text{ kg} + \frac{3800\$}{5\text{años}} \cdot \frac{1\text{ año}}{12\text{ meses}} \cdot 1\text{mes}} = 0,48 \quad [3.41]$$

Energía:

$$P_{MP} = \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Consumo Eléctrico}} = \frac{2\,703,82\text{ kg}}{2\text{ focos} + \text{refinadora}(5h)} = \frac{2\,703,82\text{ kg}}{(2 \cdot 0,05\text{kw} + 0,744\text{kw}) \cdot 160h} = 4,42 \quad [3.42]$$

Para el cálculo del factor de productividad total se debe considerar que el costo del kilogramo de habas tostadas es de 2 dólares y de la hora del operario es de 3,125 dólares. El costo del kw/hora es de 0,10 dólares.

$$\text{Factor de Productividad}_{Total} = \frac{\text{UNIDADES PRODUCIDAS}}{\text{MO} \cdot \text{CMO} + \text{M} \cdot \text{CMP} + \text{E} \cdot \text{CE} + \text{CI}} =$$

$$\frac{2\,703,82\text{ kg}}{(1\text{ Op} \cdot 31\%) \cdot \left(\frac{500\$}{\text{Op} \cdot \text{mes}} \cdot 1\text{mes}\right) + 2\,703,15\text{ kg} \cdot \frac{2\$}{\text{Kg}} + \left(160h \cdot 3,82 \frac{\text{Kw}}{h}\right) \cdot 0,1 \frac{\$}{\text{kw}} + \frac{3800\$}{5\text{años}} \cdot \frac{1\text{ año}}{12\text{ meses}} \cdot 1\text{mes}} = 0,475 \frac{\text{kg}}{\$} \quad [3.43]$$

3.1.4. SELECCIÓN Y DESARROLLO DE LA MEJOR ALTERNATIVA PARA CADA PROCESO.

A continuación, se procede a recabar y determinar la información requerida para poder seleccionar la mejor alternativa para aumentar la productividad de los procesos de descascarillado y refinado cumpliendo con las exigencias de mejora de la calidad que la planta de chocolates DON ELI requiere.

3.1.4.1. Proceso de Descascarillado

a) Selección

La comparación de las productividades individuales y totales de las dos alternativas viables para mejorar la productividad del proceso de descascarillado se presenta en la Tabla 3.5:

Tabla 3.5. Cuadro comparativa de las propuestas de mejora del proceso de descascarillado

PRODUCTIVIDADES INDIVIDUALES	AUMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DEL TRABAJO MANUAL	TRITURAR HABAS EN MOLINO DE GRANOS	VARIACIÓN	% VARIACIÓN
PRODUCCIÓN (habas/mes)	59 165,86	355 354,76	296 188,90	83%
MANO DE OBRA (habas/hh)	369,79	2.220,97	1.851,18	83%
MATERIA PRIMA (habas/kg)	489,48	568,94	79,46	14%
CAPITAL INVERTIDO (habas/\$)	79,77	202,72	122,96	61%
ENERGÍA (habas/kw)	9 244,67	3 305,01	-5 939,65	-180%
PRODUCTIVIDAD TOTAL(habas/\$)	79,70	201,48	121,79	60%

La producción de habas por mes mediante la propuesta de utilizar el molino de granos para desprender la cáscara es de 355 354,76 habas en relación de una producción de 59 165,86 habas descascarilladas por mes mediante el aumento de la productividad del trabajo manual.

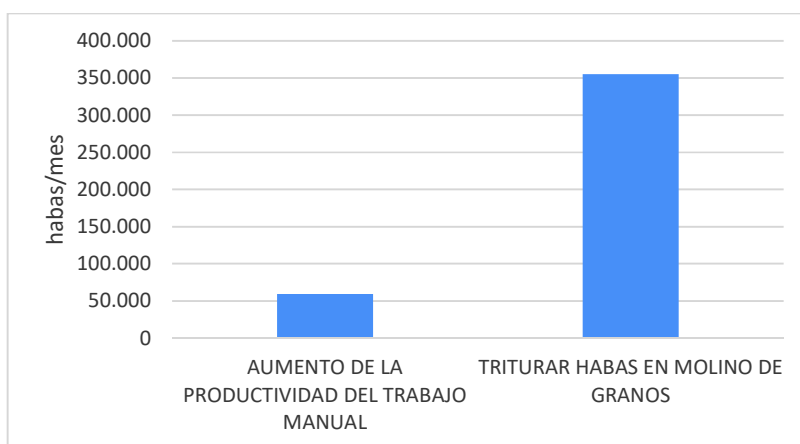


Figura 3.11. Gráfica comparativa de la variación de producción entre las alternativas de mejora de trabajo manual y el uso de molino, mallas y soplador.

% Variación de Unidades producidas:

$$\%VP_{UN} = \frac{\text{Triturar habas en molino} - \text{Trabajo manual}}{\text{Triturar habas en molino}} = \frac{355\,354,76 - 59\,165,86}{355\,354,76} * 100 = 83 \% \quad [3.44]$$

La productividad de la mano de obra mediante la utilización del molino de granos para descascarillar es de 2 220,53 habas por cada hora hombre empleada, esto en relación las 369,79 habas descascarilladas por hora hombre con la propuesta de aumentar la productividad del trabajo manual.

% Variación de Mano de obra:

$$\%VP_{MO} = \frac{\text{Triturar habas en molino} - \text{Trabajo manual}}{\text{Triturar habas en molino}} = \frac{2\,220,97 - 369,79}{2\,220,97} * 100 = 83 \% \quad [3.45]$$

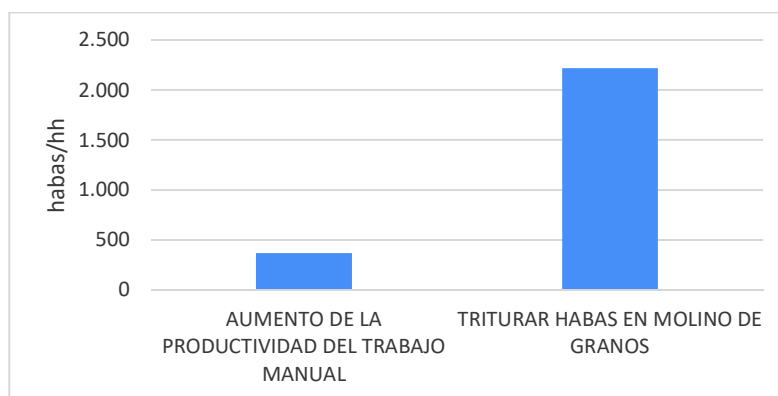


Figura 3.12. Gráfica comparativa de la variación de la productividad de la mano de obra entre las alternativas de mejora de trabajo manual y el uso de molino, mallas y soplador.

La productividad de la materia prima con la propuesta de triturar las habas de cacao en el molino de granos para descascarillar es de 568,94 habas por kilogramo en comparación con 489,48 habas por kilogramo generadas con la propuesta del aumento de la productividad del trabajo manual.

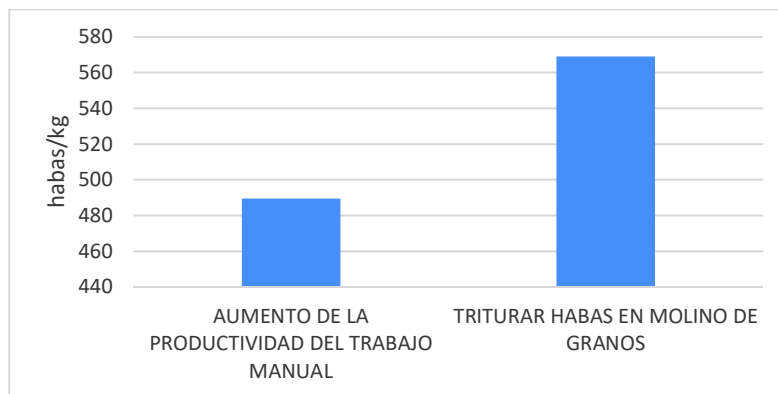


Figura 3.13. Gráfica comparativa de la variación de la productividad de la materia prima entre las alternativas de mejora de trabajo manual y el uso de molino, mallas y soplador.

% Variación de Materia prima:

$$\%VP_{MP} = \frac{\text{Triturar habas en molino} - \text{Trabajo manual}}{\text{Triturar habas en molino}} = \frac{568,94 - 490,48}{568,94} * 100 = 14\% \quad [3.46]$$

El capital invertido es menor con la propuesta de triturar las habas de cacao en el molino de granos par el descascarillado con una productividad de 202,72 habas por cada dólar invertido en relación con la generación de 79,77 habas por cada dólar invertido aumentando la productividad del trabajo manual.

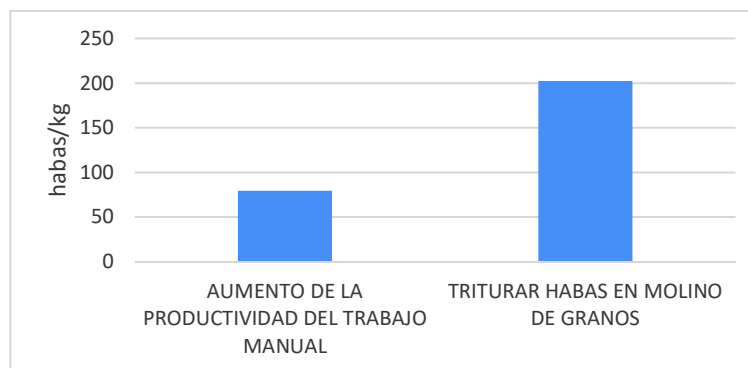


Figura 3.14. Gráfica comparativa de la variación de la productividad del capital invertido entre las alternativas de mejora de trabajo manual y el uso de molino, mallas y soplador.

% Variación de Capital Invertido:

$$\%VP_{MO} = \frac{\text{Triturar habas en molino} - \text{Trabajo manual}}{\text{Triturar habas en molino}} = \frac{202,72 - 7,77}{202,72} * 100 = 61 \% \quad [3.47]$$

Con la trituración de habas de cacao en el molino de granos se produce 3 305,01 habas por cada kw en relación con el aumento de la productividad del trabajo manual en donde se produce 9 244,67 kilogramos de habas descascarilladas.

Energía:

$$\%VP_{MP} = \frac{\text{Triturar haba en molino} - \text{Trabaj manual}}{\text{Triturar haba en molino}} \quad [3.48]$$

$$\%VP_{MP} = \frac{3\,305,01 - 9\,244,67}{3\,305,01} * 100 = -180 \%$$

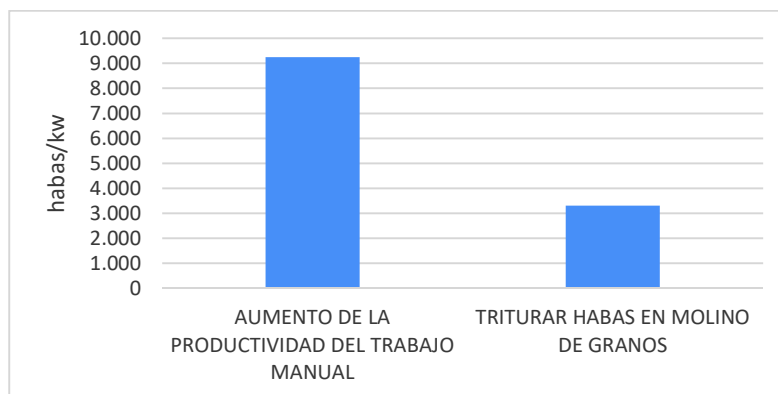


Figura 3.15. Gráfica comparativa de la variación de la productividad de la energía entre las alternativas de mejora de trabajo manual y el uso de molino, mallas y soplador.

En la Figura 3.16 se observa que se alcanza una mayor productividad total con la propuesta de triturar las habas de cacao en el molino eléctrico.

La variación de la productividad total sería:

$$\%V_{\text{Productividad Total}} = \frac{\text{Triturar habas en molino} - \text{Trab manual}}{\text{Triturar habas en molino}} \quad [3.49]$$

$$\%V_{Productividad_{total}} = \frac{201,48-79,70}{201,48} * 100 = 60 \%$$

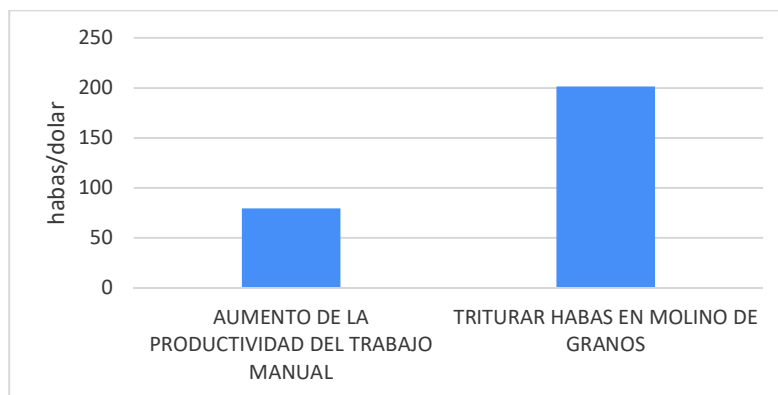


Figura 3.16. Gráfica comparativa de las productividades totales entre las alternativas de mejora de trabajo manual y el uso de molino, mallas y soplador.

En virtud de lo expuesto, por presentar la mayor productividad total de todas las alternativas se selecciona la opción de triturar habas en molino de granos y separar la cáscara mediante el uso de mallas de acero y un soplador.

b) Desarrollo de la mejor alternativa

Conforme lo seleccionado, en el flujograma que se presenta en la Figura 3.17, se ilustra el nuevo método desarrollado, cuyos pasos detallados son los siguientes:

Primero se debe cargar tres lotes de 1 kg de cacao tostado en la balanza de la bodega donde se tiene almacenado este producto.

Segundo se debe transportar los tres lotes de 1 kg a la mesa que se tiene antes del molino eléctrico.

Tercero se debe desmontar plato de molino con la finalidad que solo sea el tornillo de esta máquina la que rompa las habas con cáscara.

Cuarto se debe colocar la bandeja recolectora de trocitos debajo del embudo que tiene la mesa del molino.

Quinto se debe encender molino, previa verificación de que no exista obstrucciones para su normal funcionamiento.

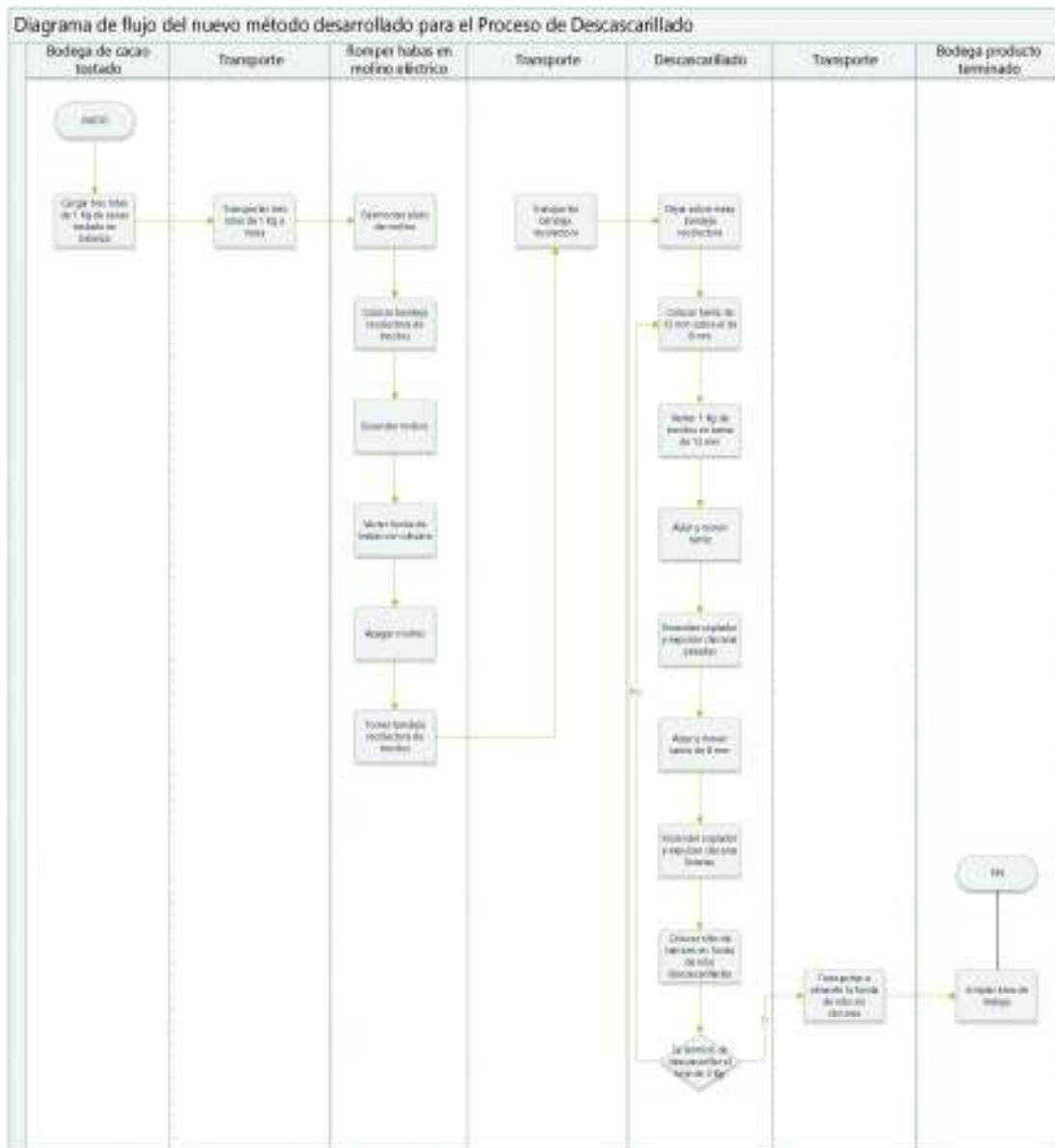


Figura 3.17.Diagrama de flujo del nuevo método desarrollado para el Proceso de Descascarillado

Sexto se debe verter la funda de habas con cáscara dosificando la misma sobre

la tolva del molino en funcionamiento.

Séptimo se debe apagar el molino, realizando una previa verificación de que se ha terminado de evacuar todo el producto del mismo.

Octavo se debe levantar la bandeja recolectora llena de los trocitos y las cáscaras desprendidas.

Noveno se debe transportar la bandeja recolectora hasta la mesa de descascarillado.

Décimo se debe dejar la bandeja recolectora sobre la mesa de descascarillado.

Décimo primero se debe colocar el tamiz de 12 mm sobre el tamiz de 8 mm, y éstos dos sobre la mesa de descascarillado.

Décimo segundo se debe verter aproximadamente 1 kilogramo de trocitos con cáscara sobre el tamiz de 12 mm.

Décimo tercero se debe alzar el tamiz de 12 mm y mover el mismo en forma horizontal, primero de adelante para atrás y después de izquierda a derecha, esto hasta que solo queden las nibs y cáscaras grandes.

Décimo cuarto se debe encender soplador y expulsar cáscaras pesadas.

Décimo quinto se debe alzar y mover tamiz de 8 mm de la misma forma que lo descrito para el tamiz de 12 mm hasta que solo queden las nibs y cáscaras pequeñas.

Décimo sexto se debe encender soplador y expulsar cáscaras livianas.

Décimo séptimo se debe colocar las nibs de los dos tamices en una funda de nibs descascarilladas.

Los pasos desde el décimo primero hasta el décimo séptimo se deben repetir hasta terminar el lote de 3 kg transportado a la mesa de descascarillado. Finalmente se debe transportar la funda de nibs sin cáscaras al almacén de producto terminado.

3.1.4.2. Proceso de Refinado

a) Selección

La comparación de las productividades individuales y totales de las tres alternativas viables para mejorar la productividad del proceso de refinado se presenta en la Tabla 3.6.

Tabla 3.6. Tabla comparativa de las propuestas de mejora del proceso de refinado

PRODUCTIVIDADES INDIVIDUALES	AUMENTAR PRODUCTIVIDAD MANO DE OBRA	MODIFICAR MOLINO ELÉCTRICO	COMPRAR REFINADORA	VARIACIÓN MODIFICAR VS COMPRAR	% VARIACIÓN MODIFICAR VS COMPRAR
PRODUCCIÓN (kg/mes)	1 033,49	3 142,52	2 703,82	438,71	13,96 %
MANO DE OBRA (kg/hh)	40,27	75,41	54,58	20,83	27,62 %
MATERIA PRIMA [kg(sale)/kg(entra)]	1,00	1,00	1,00	-	0,00 %
CAPITAL INVERTIDO (kg/\$)	0,480	0,496	0,481	0,015	3,02 %
ENERGÍA (kg/kw)	13,68	16,15	4,42	11,73	72,61 %
PRODUCTIVIDAD TOTAL	0,480	0,484	0,476	0,009	1,81 %

En la Figura 3.18 se presenta la variación que existe en las tasas de producción entre las tres alternativas de mejora, pudiéndose observar que la alternativa con mayor productividad es la de modificar el actual molino incorporando al menos un par de rodillos.

% Variación de Unidades producidas:

$$\%VP_{UN} = \frac{\text{Modificar molino} - \text{Comprar refinadora}}{\text{Modificar molino}} = \frac{3\,142,52 - 1\,033,49}{3\,142,52} * 100 = 13,96\%$$

[3.50]

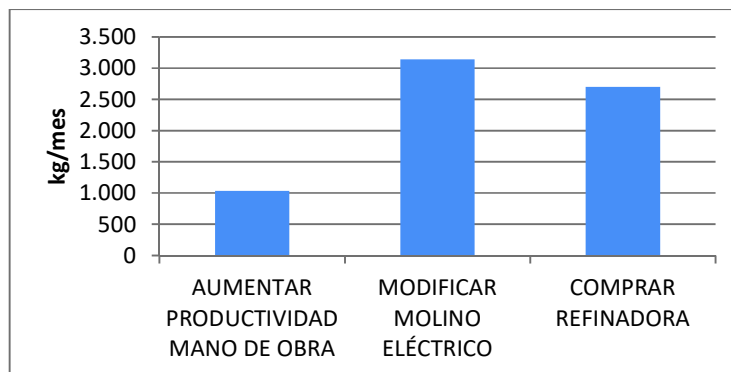


Figura 3.18. Gráfica comparativa de la variación de la producción de las tres propuestas de mejora para el proceso de refinado

En la Figura 3.19 se presenta la variación que existe en las productividades de la mano de obra entre las tres alternativas de mejora, pudiéndose observar que la alternativa con mayor productividad es la de modificar el actual molino incorporando al menos un par de rodillos.

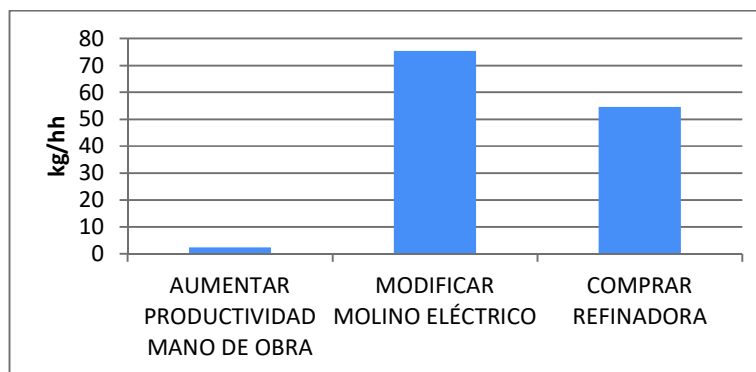


Figura 3.19. Gráfica comparativa de la variación de la productividad de la mano de obra para el proceso de refinado

% Variación de Mano de obra:

$$\%VP_{MO} = \frac{\text{Modificar molino} - \text{Compr refinadora}}{\text{Modificar molino}} = \frac{75,41 - 54,58}{75,41} * 100 = 27,62\% \quad [3.51]$$

Como se puede observar en la Figura 3.20 la productividad de la materia prima tiene el mismo valor para las tres propuestas de mejora.

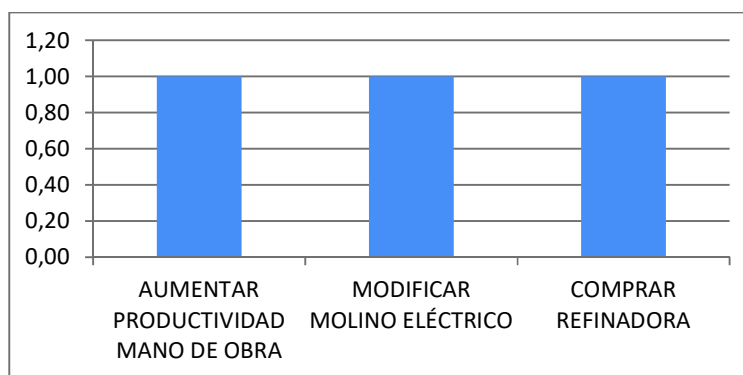


Figura 3.20. Gráfica comparativa de la variación de la productividad de la materia prima en el proceso de refinado

El capital invertido muestra que su eficiencia es superior para la propuesta de modificar el molino eléctrico alcanzando una productividad de 0,496 kg producidos por cada dólar invertido en comparación con la propuesta de comprar la refinadora que alcanza una productividad de 0,481 kg producidos por cada dólar invertido.

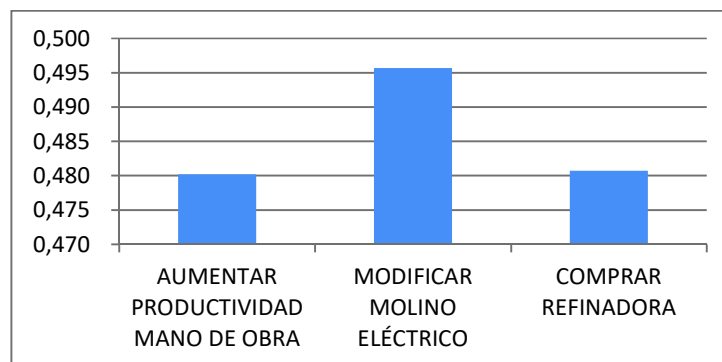


Figura 3.21. Gráfica comparativa de la variación de la productividad del capital invertido en el proceso de refinado

% Variación de Capital Invertido:

$$\%VP_{MO} = \frac{\text{Modificar molino} - \text{Compra refinadora}}{\text{Modificar molino}} = \frac{0,496 - 0,481}{0,496} * 100 = 3,02\% \quad [3.52]$$

El empleo de la energía eléctrica es más efectivo con la propuesta de modificar el molino eléctrico, en donde por cada kw se producen 16,15 kg en comparación con la propuesta de comprar una refinadora en donde por cada kw consumido se producen 4,42 kg.

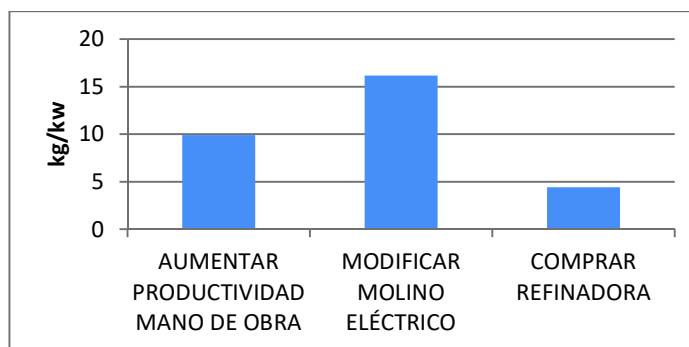


Figura 3.22. Gráfica comparativa de la variación de la productividad de la energía para las tres propuestas de mejora del proceso de refinado
% Variación de la Energía:

$$\%VP_{MP} = \frac{\text{Modificar molino} - \text{Compra refinadora}}{\text{Modificar molino}} = \frac{16,15 - 4,42}{16,15} * 100 = 72,61\% \quad [3.53]$$

Como se puede observar en la Figura 3.23 la mayor productividad total se alcanza mediante la modificación del molino eléctrico con un valor de 0,484 en comparación con el factor de productividad total lograda con la compra de una refinadora de 0,476.

La variación del factor de productividad total es:

$$VProductividad_{Total} = \frac{\text{Modificar molino} - \text{Compra refinadora}}{\text{Modificar molino}} = \frac{0,484 - 0,475}{0,484} * 100 = 1,81\% \quad [3.54]$$

En virtud de lo expuesto, por presentar la mayor productividad total y la mayor

tasa de producción de todas las alternativas, se selecciona la opción de modificar la máquina de molienda actual mediante la incorporación de un par de rodillos a la salida del mismo.

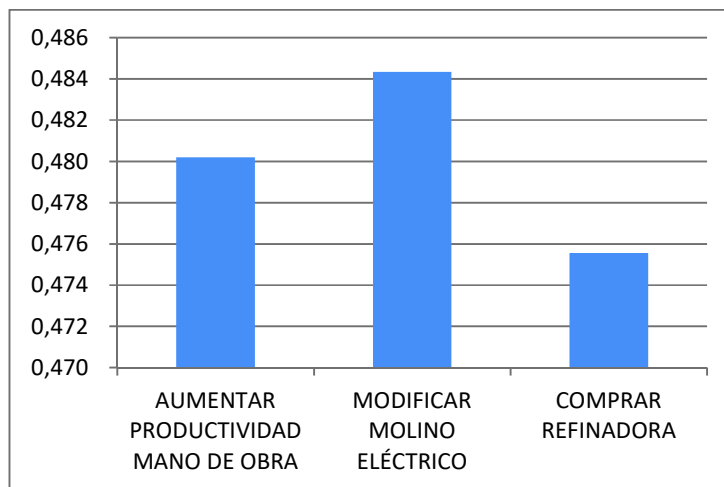


Figura 3.23. Gráfica comparativa del factor de productividad total de las tres propuestas para la mejora del proceso de refinado.

b) Desarrollo de la mejor alternativa

Conforme lo seleccionado, se desarrolla el nuevo método para refinar mediante la incorporación de un par de rodillos a la salida del molino. El nuevo método se basa en los siguientes pasos:

Primero se debe colocar la bandeja inoxidable debajo de los rodillos, para que el producto refinado caiga encima del mismo.

Segundo se debe desajustar los platos del molino, para que las nibs de cacao puedan salir con una granulometría de menos de una décima de milímetro.

Tercero se debe encender el molino.

Cuarto se debe verter las nibs de cacao en la tolva dosificadora.

Quinto se debe verificar que la granulometría sea la adecuada.

Sexto, en caso de que la granulometría no sea la adecuada, se debe apagar el molino.

Séptimo, en caso de que la granulometría sea muy grande se debe ajustar el molino, caso contrario desajustarlos.

Octavo, el paso sexto y séptimo se deberá repetir hasta hallar la granulometría requerida en el paso quinto. Una vez que la granulometría sea la adecuada se debe ajustar los rodillos.

Noveno se debe encender los rodillos.

Décimo se debe verter nibs de cacao en la tolva del molino, para que estas caigan en los rodillos y poder verificar si se tiene el tamaño adecuado a la salida de los rodillos. El tamaño adecuado debe ser menor a 5 micras.

Décimo primero, en caso de que la granulometría no sea la adecuada, se debe apagar los rodillos.

Décimo segundo, en caso de que la granulometría sea muy grande se debe ajustar los rodillos, caso contrario desajustarlos.

Décimo tercero, el paso décimo primero y segundo se deberá repetir hasta hallar la granulometría requerida en el décimo. Una vez que la granulometría sea la adecuada, se debe verter todo el contenido del lote en la bandeja dosificadora del molino, y refinar las nibs.

Finalmente se debe levantar la bandeja inoxidable de 3 kg para trastornar en la conchadora.

En el flujograma que se presenta en la Figura 3.24 se ilustra el nuevo método desarrollado.

Diagrama de flujo del nuevo método desarrollado para el proceso de refinado



Figura 3.24. Diagrama de flujo del nuevo método desarrollado para el Proceso de Refinado

Para que la incorporación de los rodillos esté dentro de los parámetros de costo y tiempo establecidos en el cálculo de las productividades, estos deben ser de

acero inoxidable A-304 y tener un diámetro de 60 mm, además de girar al menos a una velocidad de 1 700 revoluciones por minuto.

Gráficamente quedarían como se muestra en la Figura 3.25 y Figura 3.26.



Figura 3.25. Imagen de rodillos propuestos para el Proceso de Refinado

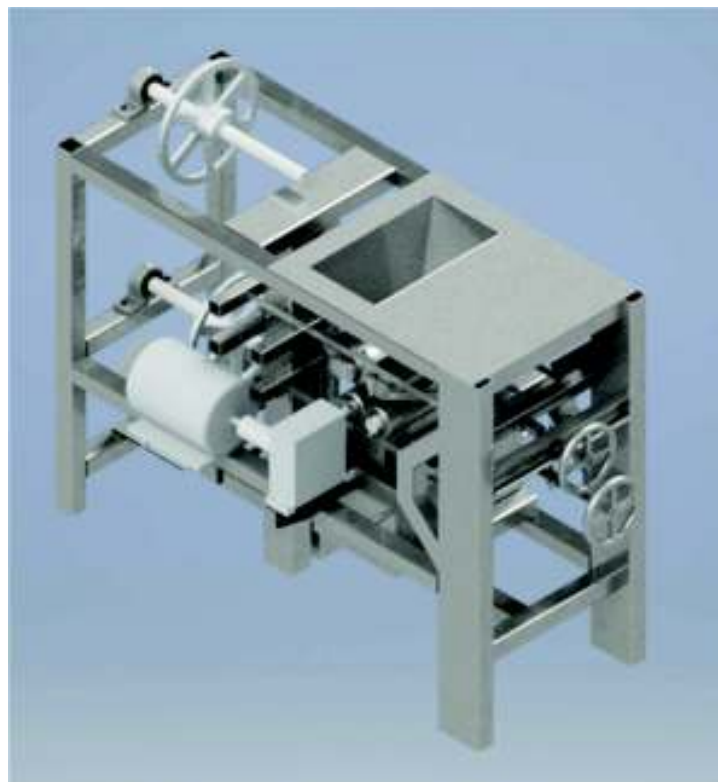


Figura 3.26. Imagen de montaje de rodillos a la salida del molino eléctrico de granos.

3.1.5. EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS SELECCIONADAS.

Para evaluar las alternativas seleccionadas, tanto en el proceso de descascarillado como en el refinado, se presenta una comparación de éstas con la productividad actual que se tiene en estos procesos.

3.1.5.1. Proceso de descascarillado

En la Tabla 3.7 se presenta los valores de la productividad actual y de la alternativa seleccionada, evidenciando el incremento que se tiene entre estos dos valores.

También se presenta el porcentaje de incremento de la productividad que se tiene entre los valores presentados.

Tabla 3.7. Tabla comparativa entre la productividad actual y la alternativa seleccionada del proceso de descascarillado

PRODUCTIVIDADES INDIVIDUALES	PRODUCTIVIDAD ACTUAL	MOLIDO Y TAMICES	INCREMENTO	PORCENTAJE DE INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD
PRODUCCIÓN (habas/mes)	49 557,58	355 354,76	352 876,88	14 241%
MANO DE OBRA (habas/hh)	309,73	2 220,97	1 911,23	617%
MATERIA PRIMA (habas/kg)	489,48	568,94	79,46	16%
CAPITAL INVERTIDO (habas/USD)	70,55	202,72	132,17	187%
ENERGÍA (habas/kw)	7 743,37	3 305,01	-4 438,36	-57%
PRODUCTIVIDAD TOTAL(habas/USD)	70,48	201,48	131,00	186%

La producción actual es de 49 557,58 habas por día, mediante la propuesta de utilizar el molino de granos para desprender la cáscara es de 355 354,76.

% Variación de Unidades producidas:

$$\%VP_{UN} = \frac{\text{Triturar habas en molino} - \text{Trabajo manual}}{\text{Trabajo manual}} * 100 = \frac{355\,354,76 - 49\,557,58}{49\,557,58} * 100 = 14\,241\%$$

[3.55]

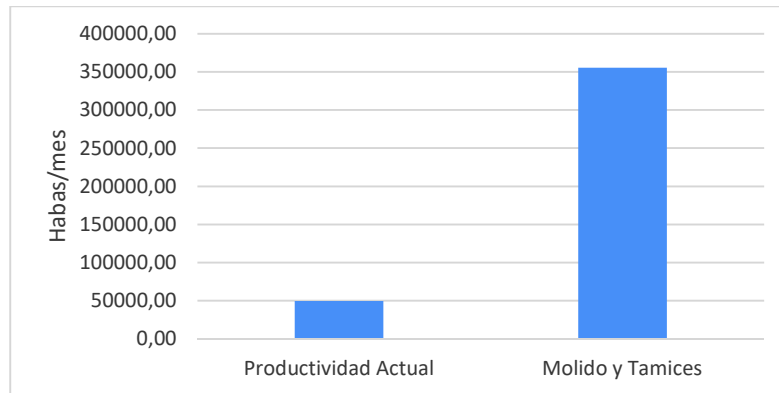


Figura 3.27. Gráfica comparativa de la variación de habas descascarilladas por minuto entre la productividad actual y la propuesta seleccionada.

La productividad de la mano de obra mediante la utilización del molino de granos para descascarillar es de 2 220,97 habas por cada hora hombre empleada en relación las 309,73 habas descascarilladas por hora hombre con la propuesta de aumentar la productividad del trabajo manual.

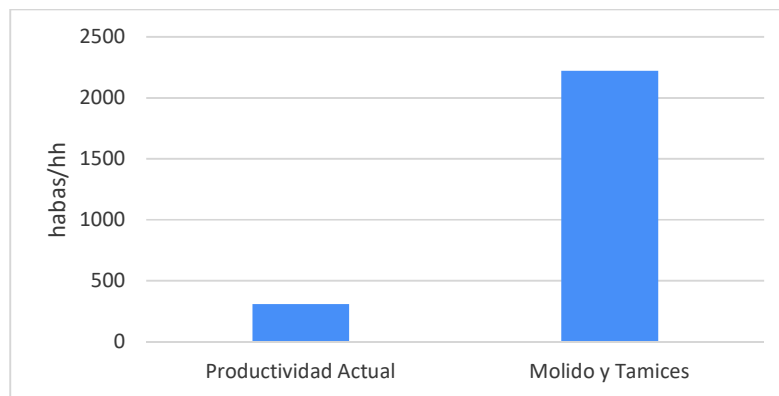


Figura 3.28. Gráfica comparativa de la variación de la mano de obra del proceso de descascarillado entre la productividad actual y la propuesta seleccionada.

% Variación de Mano de obra:

$$\%VP_{MO} = \frac{\text{Triturar habas en molino} - \text{Trabajo manual}}{\text{Trabajo manual}} * 100 = \frac{2220,97 - 309,73}{309,73} * 100 = 617\%$$

[3.56]

La productividad de la materia prima con la propuesta seleccionada de triturar las habas de cacao en el molino de granos para descascarillar es de 568,94 habas por kilogramo, esto en comparación a la productividad actual que es de 489,48 habas por kilogramo.

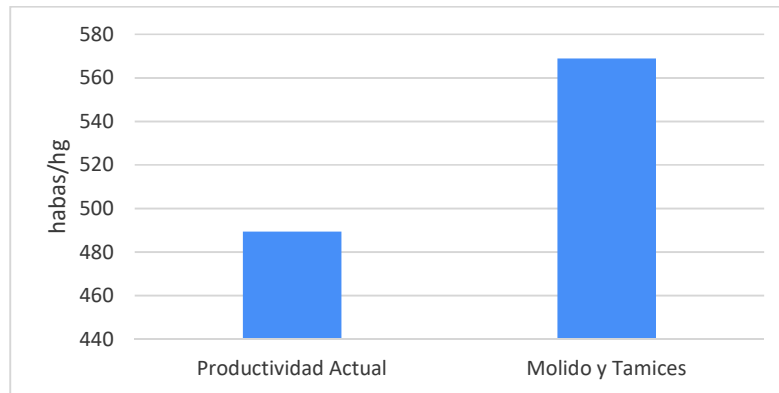


Figura 3.29. Gráfica comparativa de la variación de la materia prima del proceso de descascarillado entre la productividad actual y la propuesta seleccionada.

% Variación de Materia prima:

$$\%VP_{MP} = \frac{\text{Triturar haba en molino} - \text{Trabajo manual}}{\text{Trabajo manual}} * 100$$

$$\%VP_{MP} = \frac{568,94 - 489,48}{489,48} * 100 = 16\% \quad [3.57]$$

El aumento de la productividad del capital invertido respecto a la productividad actual (70,55 habas/ dólar) con la alternativa seleccionada de utilizar el molino y tamices (202,72 habas/dólar) es de 132,17 habas por dólar.

% Variación de Capital Invertido:

$$\%VP_{MO} = \frac{\text{Triturar haba en molino} - \text{Trabajo manual}}{\text{Trabajo manual}} = \frac{202,72 - 70,55}{70,55} * 100 = 187\% \quad [3.58]$$

El cambio de la productividad individual en la energía, entre la alternativa seleccionada de triturar las habas de cacao en el molino de granos y posterior pasar por tamices (3 305,01 habas/kw), con respecto a la productividad actual (7 743,37 habas/kw) es de -4 438,36 habas por kw. Los valores citados entre la

productividad actual y la seleccionada se exponen de una forma visual en la Figura 3.31.

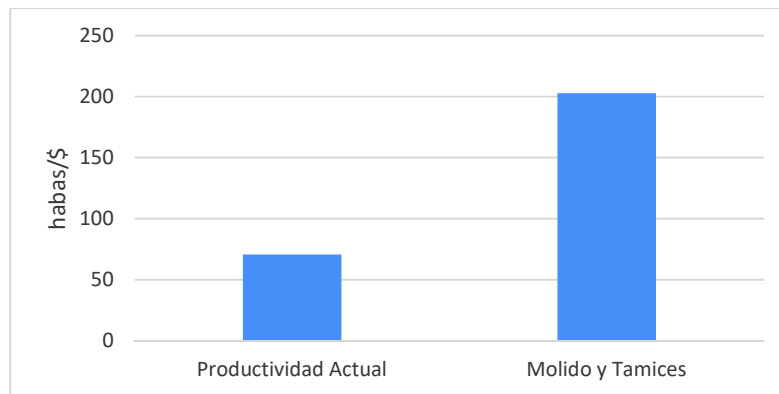


Figura 3.30. Gráfica comparativa de la variación del capital del proceso de descascarillado entre la productividad actual y la propuesta seleccionada.

El porcentaje de variación de esta productividad individual se presenta a continuación:

Energía:

$$\%VP_{MP} = \frac{\text{Triturar habas en molino} - \text{Trabajo manual}}{\text{Trabajo manual}} * 100$$

$$\%VP_{MP} = \frac{3\,305,01 - 7\,743,37}{7\,743,37} * 100 = -57\% \quad [3.59]$$

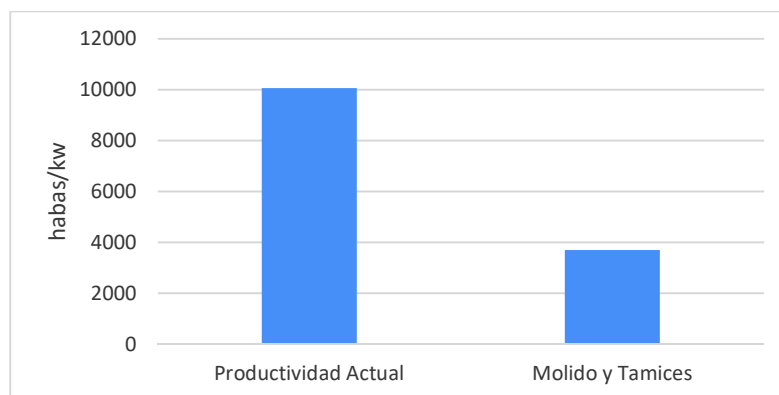


Figura 3.31. Gráfica comparativa de la variación de la productividad de la energía del proceso de descascarillado entre la productividad actual y la propuesta seleccionada.

En la Figura 3.32 se observa que se alcanza una mayor productividad total con la propuesta de triturar las habas de cacao en el molino eléctrico.

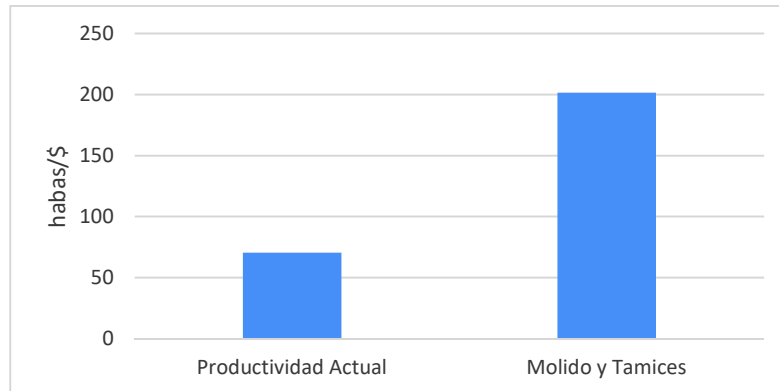


Figura 3.32. Gráfica comparativa de las productividades totales del proceso de descascarillado entre la situación actual y la propuesta seleccionada

La variación de la productividad total sería:

$$\%VProductividad_{Total} = \frac{\text{Triturar habas en molino} - \text{Trabajo manual}}{\text{Trabajo manual}} * 100$$

$$\%VProductividad_{Total} = \frac{201,48 - 70,48}{70,48} * 100 = 186 \% \quad [3.60]$$

3.1.5.2. Proceso de refinado

La comparación de las productividades individuales y totales entre la situación actual y la alternativa seleccionada del proceso de refinado se presenta en la Tabla 3.8.

En la relación a la productividad individual de producción se establece que, con la mejor propuesta seleccionada, la misma presentaría un aumento de 2 395,13 Kg por hora respecto de la productividad actual.

El porcentaje de aumento de esta productividad individual es la siguiente:

Tabla 3.8. Tabla comparativa entre la productividad actual y la alternativa seleccionada para la mejora del proceso de refinado

PRODUCTIVIDADES INDIVIDUALES	MÉTODO ACTUAL	MEJOR PROPUESTA MODIFICAR MOLINO ELÉCTRICO	VARIACIÓN	% INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD
PRODUCCIÓN (kg/mes)	747,39	3 142,52	2 395,13	320%
MANO DE OBRA (kg/hh)	2,34	75,41	73,07	3 129%
MATERIA PRIMA [kg(salen)/kg(ingresan)]	1,00	1,00	-	0%
CAPITAL INVERTIDO (kg/\$)	0,30	0,50	0,20	65%
ENERGÍA (kg/kw)	9,90	16,15	6,26	63%
PRODUCTIVIDAD TOTAL (kg/\$)	0,299	0,484	0,186	62%

% Variación de Unidades producidas:

$$\%VP_{UN} = \frac{\text{Alternativa seleccionada} - \text{método actual}}{\text{método actual}} * 100$$

$$\%VP_{UN} = \frac{3\,142,52 - 747,39}{747,39} * 100 = 320 \% \quad [3.61]$$

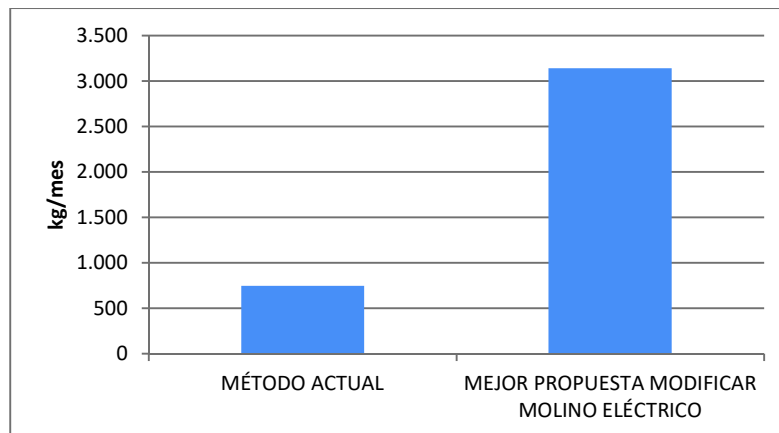


Figura 3.33. Gráfica comparativa entre la producción actual y la alternativa seleccionada para la mejora del proceso de refinado

La variación de la productividad de la mano de obra con la alternativa seleccionada aumenta la de la situación actual en 73,07 kilogramos producidos por hora hombre como se puede visualizar en la Figura 3.34:

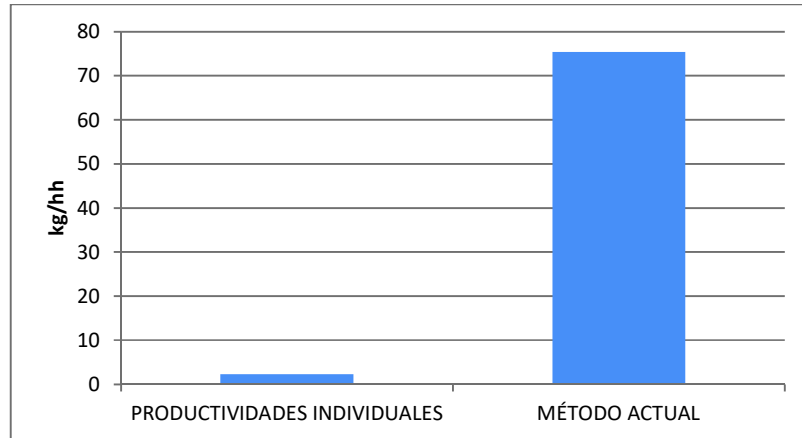


Figura 3.34. Gráfica comparativa entre la productividad de la mano de obra actual y la alternativa seleccionada para la mejora del proceso de refinado

% Variación de Mano de obra:

$$\%VP_{MO} = \frac{\text{Alternativa seleccionada} - \text{método actual}}{\text{método actual}} * 100$$

$$\%VP_{MO} = \frac{75,41 - 2,34}{2,34} * 100 = 3129\% \quad [3.62]$$

El empleo de materia prima tiene una productividad igual para la alternativa seleccionada como para el proceso de refinado actual, por lo que no representa ningún incremento.

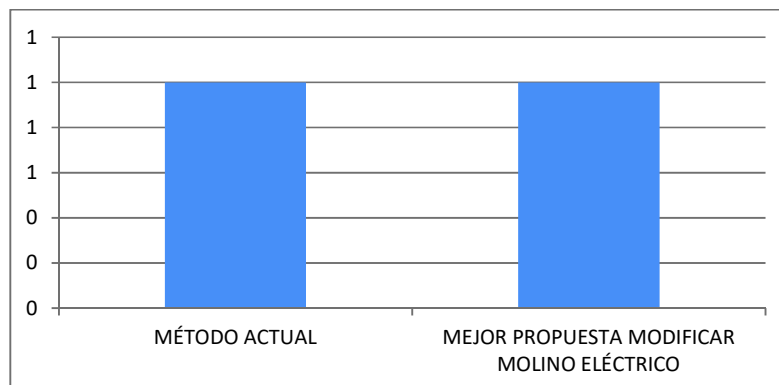


Figura 3.35. Gráfica comparativa entre la productividad de la materia prima y la alternativa seleccionada para la mejora del proceso de refinado

% Variación de Materia Prima:

$$\%VP_{MP} = \frac{\text{Alternativa seleccionada} - \text{método actual}}{\text{método actual}} * 100 = \frac{1-1}{1} * 100 = 0,00 \% \quad [3.63]$$

En la Figura 3.36 se muestra el incremento de la productividad del capital invertido entre la alternativa seleccionada y la actual, la cual es de 0,20 kg por dólar.

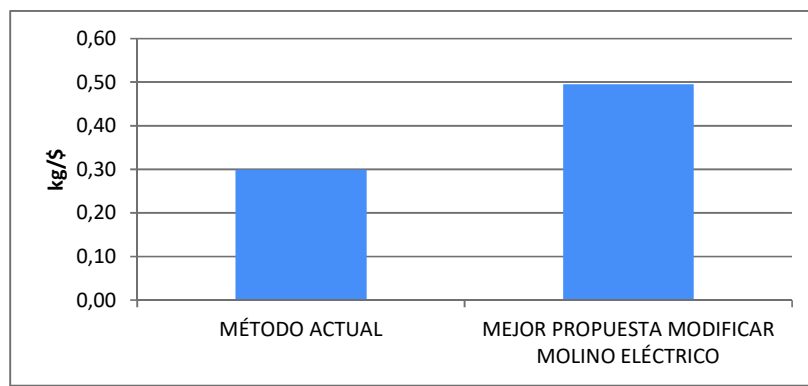


Figura 3.36. Gráfica comparativa entre la productividad del capital invertido en la situación actual y la alternativa seleccionada para la mejora del proceso de refinado

% Variación de Capital Invertido:

$$\%VP_{CI} = \frac{\text{Alternativa seleccionada} - \text{método actual}}{\text{método actual}} * 100 = \frac{0,50 - 0,30}{0,30} * 100 = 65\% \quad [3.64]$$

El incremento de la productividad de la energía de la alternativa seleccionada respecto a la actual es de 6,26 kg por kw. En la Figura 3.37 se muestra lo expuesto.

% Variación de la Energía:

$$\%VP_E = \frac{\text{Alternativa seleccionada} - \text{étodo actual}}{\text{método actual}} * 100 = \frac{16,15 - 9,90}{9,90} * 100 = 63 \% \quad [3.65]$$

El incremento de la productividad total de la alternativa seleccionada respecto a la actual es de 27,86 bombones por dólar. En la Figura 3.38 se muestra lo expuesto.

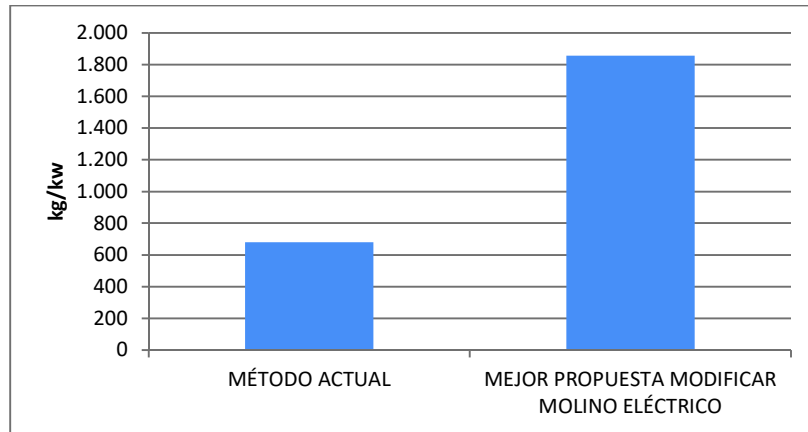


Figura 3.37. Gráfica comparativa entre la productividad de la energía actual y la alternativa seleccionada para la mejora del proceso de refinado

La variación del factor de productividad total:

$$\%VP_T = \frac{\text{Alternativa seleccionada} - \text{método actual}}{\text{método actual}} * 100 = \frac{4,84 - 2,99}{2,99} * 100 = 62 \% \quad [3.66]$$

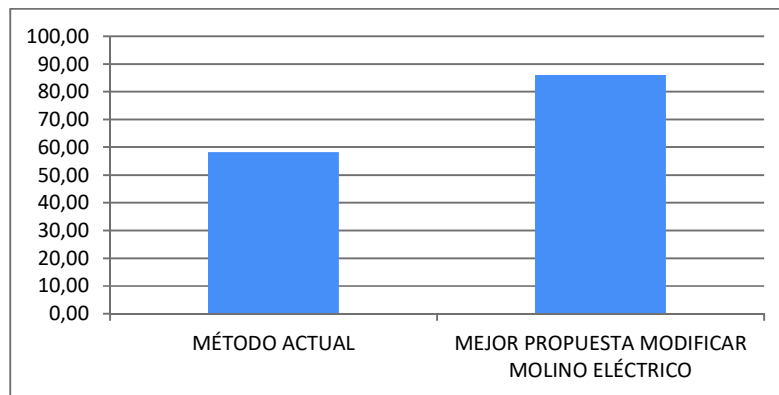


Figura 3.38. Gráfica comparativa de los factores de productividades totales entre la situación actual y la alternativa seleccionada para la mejora del proceso de refinado

3.2. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

3.2.1. PROCESO DE DESCASCARILLADO

3.2.1.1. Variación de las productividades entre las alternativas propuestas

Los valores de las productividades individuales y las totales entre la alternativa de aumentar la productividad del trabajo manual y el de triturar habas en el molino de granos existente para después a través de tamices y un soplador separa las cáscaras se presenta en la Figura 3.39.

Como se puede observar se tiene un mayor aumento de la productividad con la alternativa de triturar las habas en el molino existente, esto en casi todas las productividades individuales y la total con excepción de la de energía.

La productividad de la energía es menor puesto que para la alternativa de usar el molino se tiene un mayor consumo eléctrico por la utilización del molino y el soplador.

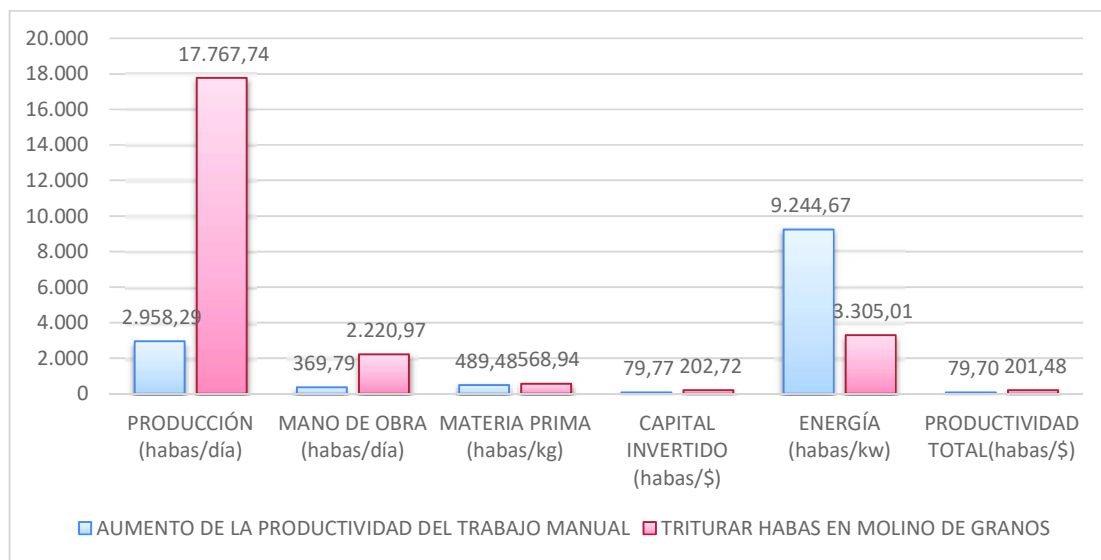


Figura 3.39. Gráfica comparativa de los valores de las productividades individuales y la total entre las alternativas de mejora de trabajo manual y el uso de molino, mallas y soplador.

Visto en porcentaje la diferencia de la variación de mejora, entre las productividades de las dos alternativas, se presentan de una forma gráfica.

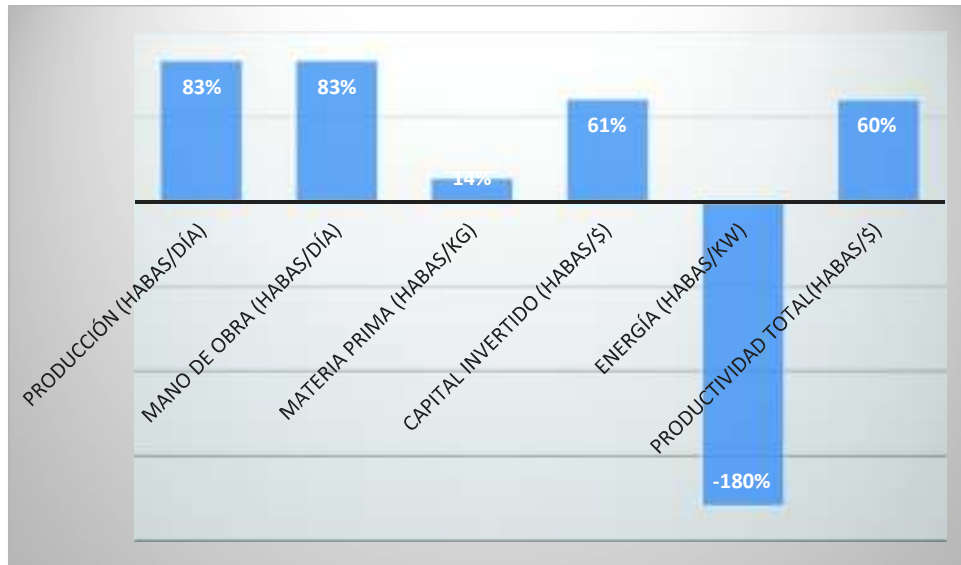


Figura 3.40. Porcentaje de la variación de las productividades individuales y la total entre las alternativas de mejora de trabajo manual y el uso de molino, mallas y soplador.

3.2.1.2. Variación de la productividad entre la alternativa seleccionada y el método actual

El valor de las productividades individuales y la total del método actual y la alternativa seleccionada, se presenta en la Figura 3.41.

Como se puede observar al mes se tiene un aumento de más de ciento cuarenta y tres veces la productividad individual de la producción y siete la mano de obra, mientras que para las productividades de la materia prima un 14 % y del capital invertido más del doble. Para la productividad energética se reduce la misma a menos de la mitad de la actual. Respecto a la productividad total se tiene un aumento de más del doble. Observando desde otra óptica los valores de las productividades individuales y la total entre la alternativa seleccionada y el método actual se presentan en la Figura 3.42.

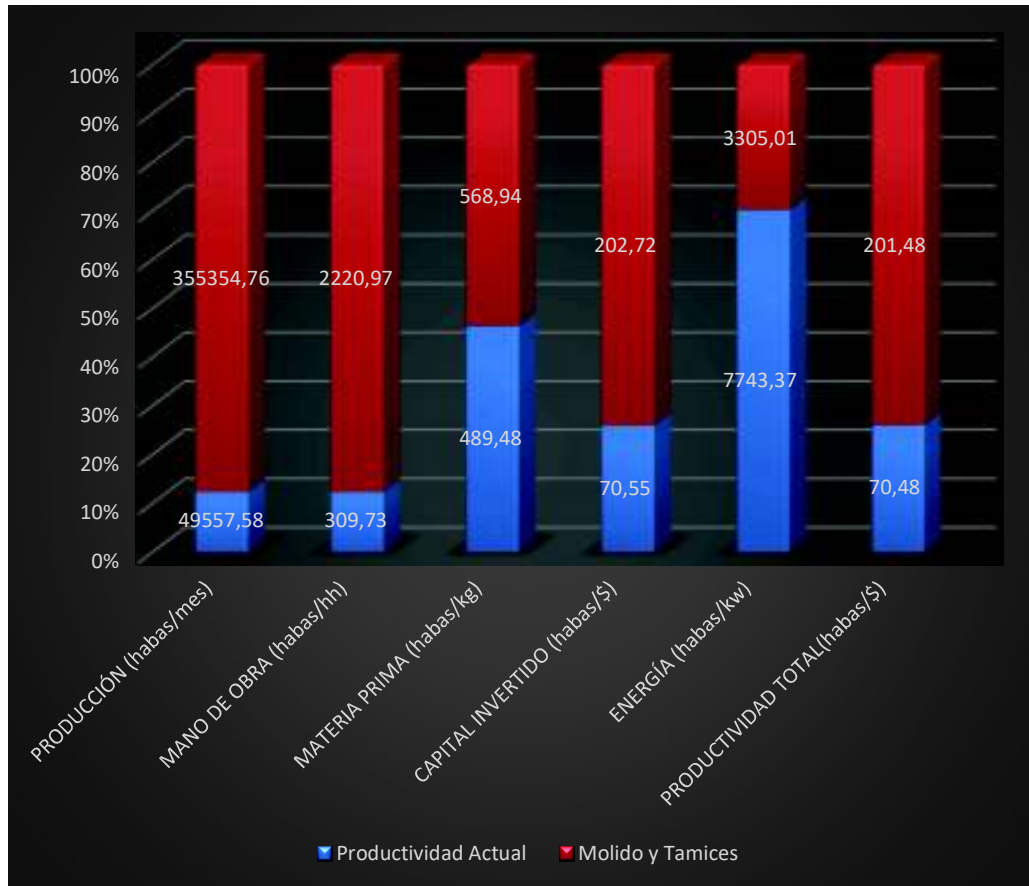


Figura 3.41. Gráfica comparativa de la variación del porcentaje de las productividades individuales y la total del proceso de descascarillado entre la situación actual y la propuesta seleccionada.

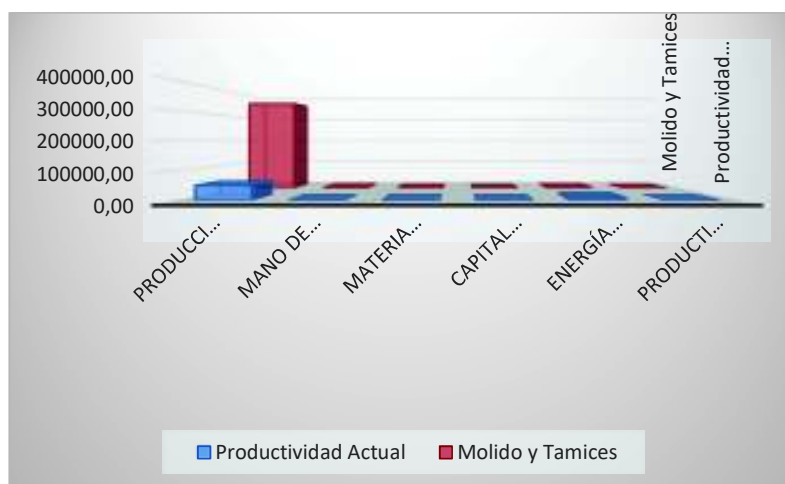


Figura 3.42. Gráfica comparativa de la variación de las productividades individuales y la total del proceso de descascarillado entre la situación actual y la propuesta seleccionada.

Los porcentajes del incremento de las productividades individuales y la total que se tiene con la propuesta seleccionada se presentan en la Figura 3.43.

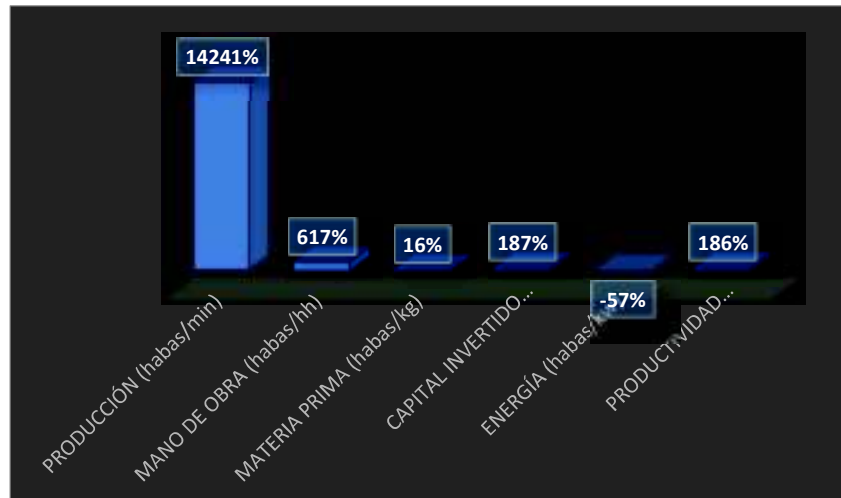


Figura 3.43. Gráfica comparativa del porcentaje de incremento de las productividades individuales y la total del proceso de descascarillado entre la situación actual y la propuesta seleccionada

Del análisis efectuado a las productividades individuales y totales para las dos propuestas de mejora se determina que la mejor opción es la de utilizar el molino de granos para romper las habas de cacao y mediante el uso de los tamices y el soplador separar las cáscaras de las nibs.

Después de haber expuesto los resultados obtenidos en este estudio, las autoridades de la empresa DONELI concuerdan que la alternativa seleccionada sería la más viable de implementar dentro de la empresa, puesto que no requiere de una gran inversión y tampoco de mucho tiempo para la incorporación del mismo.

De la misma forma concuerdan que el método desarrollado para esta alternativa es bastante simple y de fácil entendimiento para los operadores de la planta, por lo que la implementación se lo podría realizar sin mayores inconvenientes.

3.2.1.3. Discusión

De acuerdo con la obra de Páez, la tasa de producción de la Asociación de

pequeños productores orgánicos del municipio de Dibulla (APOMD) en el departamento de la Guajira Colombia, es de 1 kilo por hora con un desperdicio del 20 al 40% en cáscara. En virtud de lo expuesto se observa que la tasa de producción actual de Chocolates Don Eli es de 0,63 kilos por hora con un desperdicio de 23%, con lo cual se determina que la tasa actual de producción de Chocolates Don Eli es menor al de APOMD con un desperdicio que se encuentra dentro del rango de APOMD.

La mejora propuesta en la obra mencionada determina una optimización del trabajo manual tal como se estudió como alternativa en esta obra, mejorando la tasa de desperdicio mediante la utilización de una mesa para que los trozos de habas no sean desechados a la basura. En la planta de chocolates DON ELI los trozos son recogidos, pero esto incrementa el tiempo de descascarillado, por lo que en caso de que se aplique esta recomendación en APOMD, se tendría una disminución en su tasa de descascarillado. La tasa mejorada del trabajo manual en Chocolates Don Eli según este estudio sería de 0,75 kilos por hora con el mismo desperdicio, mientras con la alternativa seleccionada y el método desarrollado sería de 3,9 kilos por hora con una tasa de desperdicio del 10,5%, superando los índices de APOMD.

3.2.2. PROCESO DE REFINADO

3.2.2.1. Variación de las productividades entre las alternativas propuestas

Los valores de las productividades individuales y las totales entre las tres alternativas planteadas se presentan en la Figura 3.44.

Como se puede observar la alternativa de modificar el actual molino eléctrico presenta en todas las productividades individuales y en la total los valores más altos entre las otras dos alternativas. Estos resultados se deben a que con la implementación de al menos un par de rodillos a la salida del molino el proceso de molido y refinado se vuelve continuo.

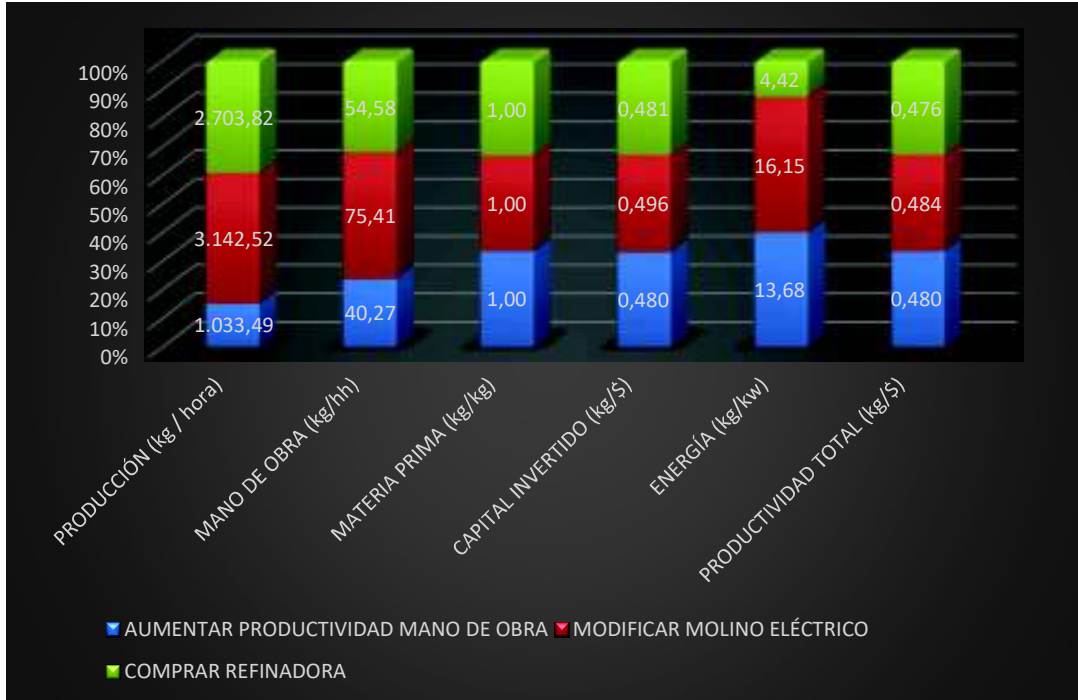


Figura 3.44. Gráfica comparativa de los valores de las productividades individuales y la total para las tres propuestas de mejora del proceso de refinado

En el caso de una nueva máquina la productividad es menor, a pesar de que esta máquina tiene una mayor capacidad de procesamiento, esto es porque tiene que pasar primero por el molino, y después ir levantando las bandejas de 3 kg de producto molido en la refinadora por lo que el proceso no se vuelve continuo.

En el caso del incremento de la productividad del trabajo manual, este no cumple con las necesidades de calidad del producto por lo que solo ha servido como su tasa de procesamiento como un parámetro de comparación para la selección de las otras dos alternativas.

El resumen de las productividades individuales y las totales de las tres propuestas analizadas se presenta en la Figura 3.45.

Del análisis efectuado a las productividades individuales y totales para las tres propuestas de mejora se determina que la mejor opción es la modificación del

molino eléctrico, máquina con la que actualmente cuenta la Empresa Don Eli, esto mediante la incorporación de al menos un par de rodillos a la salida de este.



Figura 3.45. Gráfica comparativo resumen de las productividades para las tres propuestas de mejora del proceso de refinado

3.2.2.2. Variación de la productividad entre la alternativa seleccionada y el método actual

El valor de las productividades individuales y la total, de la alternativa seleccionada y el método actual se presenta en la Figura 3.46.

Como se puede observar se tiene un aumento de más de cuatro veces en la productividad individual de la producción y de más de treinta y dos veces en la de mano de obra, mientras que para las productividades de capital invertido y energía alrededor de un cincuenta por ciento más.

Para la productividad de la materia prima se puede observar que la misma se mantiene sin variación. Respecto a la productividad total se tiene un aumento de más de la mitad de la actual.

En la Figura 3.47 se observa desde otra óptica la variación de los valores en la mejora de todas las productividades individuales y la total entre la alternativa

seleccionada y el método actual.

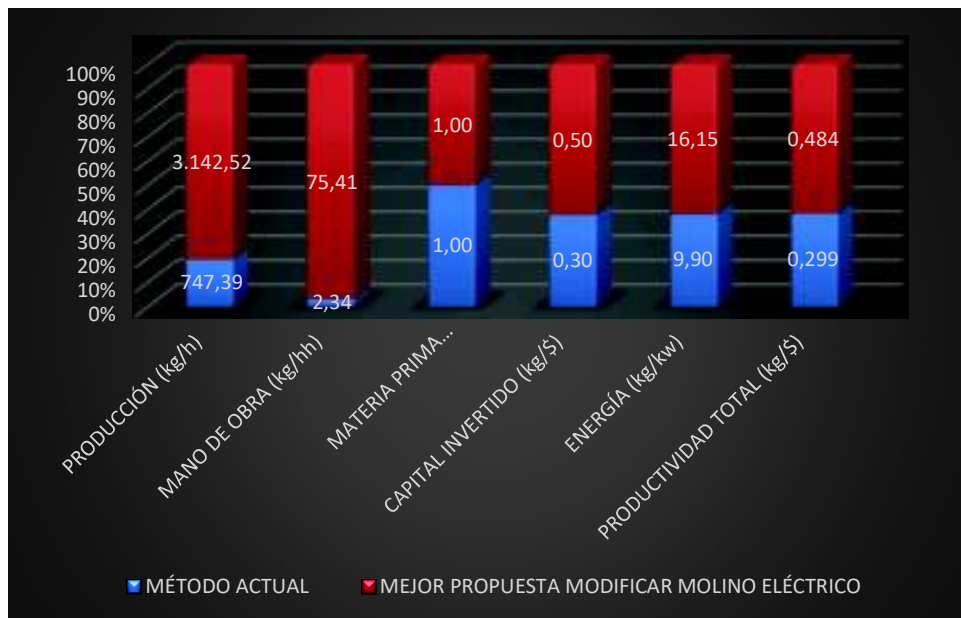


Figura 3.46. Gráfica comparativa de la variación del cambio de las productividades individuales y la total del proceso de refinado entre la situación actual y la propuesta seleccionada.



Figura 3.47. Gráfica comparativa de la variación de las productividades individuales y la total del proceso de refinado entre la situación actual y la propuesta seleccionada.

Los porcentajes del incremento de las productividades individuales y la total que se tiene con la propuesta seleccionada se presentan en la Figura 3.48.

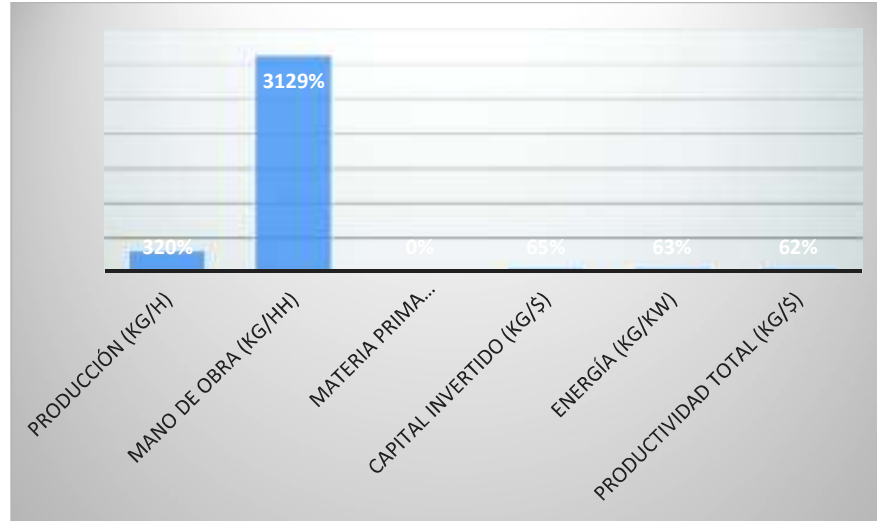


Figura 3.48. Gráfica comparativa del porcentaje de incremento de las productividades individuales y la total del proceso de refinado entre la situación actual y la propuesta seleccionada

Después de haber expuesto los resultados obtenidos en este estudio, las autoridades de la empresa DONELI concuerdan que la alternativa seleccionada sería la más viable de implementar dentro de la empresa, puesto que no requiere de una gran inversión y tampoco de mucho tiempo para la incorporación del mismo.

De la misma forma concuerdan que el método desarrollado para esta alternativa es bastante simple y de fácil entendimiento para los operadores de la planta, por lo que la implementación se lo podría realizar sin mayores inconvenientes.

3.2.2.3. Discusión

Si se evalúa el factor de productividad total actual, tomando en cuenta que Chocolates Don Eli vende la funda de un kilogramo refinado para la taza en 10 dólares, y que los costos de materia prima y de los procesos previos al refinado (Tostado y Descascarillado) son de \$2,50 dólares, por lo que el factor sería el siguiente:

$$F_{PT} = 0,299 \frac{kg}{\$} * 7,50 \frac{\$}{kg} = 2.24 \quad [3.67]$$

Y el factor total de productividad con la alternativa de mejora seleccionada sería el siguiente:

$$F_{PT} = 0,484 \frac{kg}{\$} * 7,50 \frac{\$}{kg} = 3.63 \quad [3.68]$$

Se puede observar que hasta el proceso de refinado el factor es mayor que uno, tanto para la productividad actual como para la propuesta. Esto indica según lo expresado por Roxana Martínez en su obra *Medición de la Productividad*, que existe un uso eficiente de los factores de producción, por lo cual se obtienen ganancias y se tendrá un retorno del capital invertido.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES

4.1.1. PROCESO DE DESCASCARILLADO

- a) El estudio de la productividad actual del proceso de descascarillado dio como resultado que la planta de chocolates DON ELI mensualmente presenta las siguientes productividades individuales: producción 49 557,58 habas por mes, mano de obra 309,73 habas por hora hombre, materia prima 489,48 habas por kilogramo, capital invertido 70,55 habas por dólar, energía 7 743,37 habas por kilovatio. La productividad total es de 70,48 habas por dólar.

- b) Se determinó que los problemas que se tiene actualmente en el proceso de descascarillado, es la falta de utilización de herramientas que permitan realizar el trabajo más rápido, disminuyendo de esta forma la fatiga que presenta el operador acentuado por el mal diseño del puesto de trabajo. Otro de los problemas del actual proceso son las habas que se deshacen al pelar y la acción de tomar por puñados las habas para pelar, puesto que esto dilata en gran medida el tiempo promedio de pelado de un haba.

- c) Después de realizar el análisis de las alternativas sacadas de la lluvia de ideas, se seleccionó la alternativa de utilizar el actual molino de granos, máquina con la que cuenta la empresa DON ELI, esto para romper las habas de cacao para posteriormente mediante el uso de tamices y un soplador separar la cáscara de las nibs. Se realizó la selección de esta alternativa en virtud que presenta un mayor aumento de la productividad total respecto a la alternativa de aumentar la productividad del trabajo manual.

- d) La empresa de chocolates DON ELI, afirma que la alternativa seleccionada es viable de incorporar inmediatamente para poder implementar la productividad de este proceso.

- e) La empresa de chocolates DON ELI, afirma que el método desarrollado para la alternativa seleccionada es de fácil implementación gracias a su simplicidad.
- f) Con la alternativa seleccionada se tendrá menos desperdicio de materia prima, en virtud que los nibs que se deshacen en el pelado manual podrán ser aprovechados en el nuevo método.
- g) El tiempo estándar para realizar el descascarillado de un lote de 12 kg de habas de cacao disminuiría de 18,96 horas a 3,074 horas.
- h) Todas las productividades individuales presentan un incremento excepto la de energía por la utilización del molino y el soplador.
- i) La productividad total actual se incrementa un 186% con la propuesta seleccionada y el método desarrollado.
- j) En comparación con otra empresa similar en la región APOMD, se determina que la tasa de producción actual de Chocolates DON ELI está por debajo de la misma, pero con la potencial implementación de la alternativa seleccionada su tasa superará los índices de APOMD.

4.1.2. PROCESO DE REFINADO

- a) El estudio de la productividad actual del proceso de refinado dio como resultado que la planta de chocolates DON ELI mensualmente presenta las siguientes productividades individuales: producción 747,39 kilogramos por mes, mano de obra 2,34 kilogramos por hora hombre, materia prima 1,00 kilogramo de salida por cada que ingresa, capital invertido 0,30 kilogramos por dólar, energía 9,90 kilogramos por kilovatio. La productividad total es de 2,99 kilogramos por dólar.

- b) Se determinó que los problemas que se tiene actualmente en el proceso de refinado son los siguientes:
- En la mano de obra se presenta por la dosificación de producto sobre el molino que debe realizar el operador uno manteniéndose todo el tiempo de pie, y con la preocupación que se acumule producto en las bandejas a la salida del molino. El operador dos presenta fatiga al permanecer de pie aplastando el producto dentro de la tolva del molino, para que este pueda fluir.
 - Respecto a la maquinaria utilizada, se determinó que el molino de granos eléctrico no es el equipo adecuado para refinar en virtud que por más pasadas que se le dé al producto con el mayor ajuste posible, no se logra llegar a la finura requerida para las pastas de chocolate. También presenta problemas de contaminación por falta de lubricación en su bolita de giro.
 - De la materia prima, se determinó que los nibs presentaban un tamaño inadecuado para su rápido procesamiento.
 - Del método utilizado actualmente se determinó que existen un número limitado de bandejas, que además por su tamaño no permiten transportar mayor cantidad de producto para disminuir los tiempos de transporte.
- c) Después de realizar el análisis de las alternativas sacadas de la lluvia de ideas, se seleccionó la alternativa de modificar el actual molino de granos, máquina con la que cuenta la empresa DON ELI, esto mediante la incorporación de al menos un par de rodillos a la salida del molino. Se realizó la selección de esta alternativa en virtud que presenta un mayor aumento de la productividad total respecto de las otras dos alternativas, aumentar la productividad de la mano de obra o comprar una nueva máquina refinadora.
- d) La empresa de chocolates DON ELI, afirma que la alternativa seleccionada es viable de incorporar inmediatamente para poder implementar la productividad de este proceso.

- e) La empresa de chocolates DON ELI, afirma que el método desarrollado para la alternativa seleccionada es de fácil implementación gracias a su simplicidad.
- f) El tiempo estándar para realizar el refinado de un lote de 3 kg de habas de cacao disminuiría de 38,53 minutos a 9,16 minutos.
- g) Todas las productividades individuales presentan un incremento excepto la de materia prima que se mantiene constante.
- h) La productividad total actual se incrementa un 62% con la propuesta y el método desarrollado, además que cumple con el tamaño de las partículas requeridas para una buena textura del chocolate.
- i) De acuerdo con lo expresado por Roxana Martínez en su obra Medición de la Productividad, actualmente existe un uso eficiente de los factores de producción hasta el proceso de refinado por tener un coeficiente de 2,24 que es mayor a uno. En el caso de la mejora propuesta este factor subiría a 3,63.

4.2. RECOMENDACIONES

4.2.1. PROCESO DE DESCASCARILLADO

- a) Se recomienda implementar el nuevo método desarrollado, con la finalidad de aumentar la productividad del proceso de descascarillado y dejar de ser el cuello de botella dentro de la línea de producción de chocolates.
- b) Se debe llevar un control durante los procesos anteriores al descascarillado para que las habas de cacao no estén quemadas o no tostadas al 100%, puesto que con la nueva alternativa no se podrá inspeccionar haba por haba.
- c) Se recomienda a futuro ensamblar los tamices y el soplador con un nuevo

molino eléctrico, con la finalidad de dar autonomía al proceso y poder eliminar el transporte de producto entre la zona de refinado y descascarillado.

- d) Respecto al trabajo del operador, se recomienda que las pausas activas continúen siendo cada 3 kg, es decir cada 45 minutos y que la silla que se incorpore a la nueva estación de trabajo sea regulable en su altura y tenga ruedas para su desplazamiento durante las operaciones del proceso de descascarillado.

4.2.2. PROCESO DE REFINADO

- e) Se recomienda implementar el nuevo método desarrollado, con la finalidad de aumentar la productividad del proceso de refinado y mejorar la calidad del licor del chocolate.
- f) Durante las pruebas de funcionamiento de los rodillos se debe verificar que la temperatura que se genere por el movimiento de estos a las 1 700 rpm, no queme el producto, caso contrario incorporar un sistema de enfriamiento exterior por aire o interior por agua.
- g) Se recomienda a futuro ensamblar los tamices y el soplador con un nuevo molino eléctrico, con la finalidad de dar autonomía al proceso y poder eliminar el transporte de producto entre la zona de refinado y descascarillado.
- h) Respecto al trabajo del operador, se recomienda que la silla que se incorpore a la nueva estación de trabajo sea regulable en su altura y tenga ruedas para su desplazamiento, para que de esta forma se facilite la inspección y regulación de la bandeja dosificadora y el funcionamiento del molino y los rodillos.

BIBLIOGRAFÍA

- 1) Alemana, C. (Agosto de 2013). *energypedia*. Recuperado de https://energypedia.info/images/0/08/Maquinaria_para_Cacao.pdf (Septiembre, 2017)
- 2) Barnes, R. (1979). Estudio de movimientos y tiempos. Los ángeles.
- 3) Chase, R. B., Aquilado, N. J., & Jacobs, R. F. (2000). *Administración de Producción y Operaciones*. Santa Fe de Bogotá: McGraw-Hill.
- 4) Corp., C. O. (2017). *ConceptDraw*. Recuperado de How Do Fishbone Diagrams Solve Manufacturing Problems: <http://www.conceptdraw.com/examples/manufacturing-diagram> (Agosto, 2017)
- 5) Dominguez, E. (18 de mayo de 2011). *SlideShare*. Recuperado de <https://es.slideshare.net/edialberto/presentacion-inicial-diagramacion-y-tipos-de-diagramas> (Octubre, 2017)
- 5) Eroles, A., Barns, J. G., Lapuente, L., Estivill, V., & Viesca, G. (1998). *Su empresa de clase mundial*. México: Panorama.
- 6) Fernández Sanchez , E., Avella Camarero, L., & Fernández Barcala, M. (2003). *Estrategia de producción*. Madrid: Mc Graw-Hill.
- 7) Gaither, N., & Frazier, G. (2000). *Administración de producción y operaciones*. México: International Thomson editores.
- 8) Galindo, L. M. (2006). *Fundamentos de Administración casos y prácticas*. México: Trillas.
- 9) García, C. R. (2005). *Estudio del Trabajo*. Puebla: McGraw-Hill.
- 10) Gutiérrez Pulido, H., & De la Vara Salazar, R. (2009). *Control estadístico de calidad y seis sigma*. México D.F.: Mc Graw-Hill.
- 11) Heizer, J., & Barry, R. (2009). *Dirección de la Producción y de Operaciones*. México: Pearson Education.
- 12) Hopeman, R. J. (2010). *Administración de la producción y operaciones*. Mexico: Patria S.A.

- 13) Hopeman, R. J. (2010). *Administración de la Producción y Operaciones*. Mexico: Patria S.A.
- 14) Instituto Nacional de Tecnología Industrial. (Septiembre de 2009). *Slideplayer*. Recuperado de <http://slideplayer.es/slide/8942992/> (Agosto, 2017)
- 15) J.A. Dominguez Machuca, S. D. (1981). *El subsistema productivo de la empresa*. Madrid: Piramide S. A.
- 16) Janania Abraham, C. (2008). *Manual de tiempos y movimientos Ingeniería de métodos*. México: Limusa.
- 17) Jurán, J., & Gryna, F. M. (1993). *Manual de Control de Calidad*. Madrid: McGraw-Hill.
- 18) Lockyer, K. (1990). *Control de Calidad y Producción industrial*. Mexico D.F.: Alfaomega, S.A.
- 19) Martínez, R. (31 de Julio de 2012). *SlideShare*. Recuperado de <https://es.slideshare.net/Roxanamms/unidad-2-medicin-de-productividad> (Mayo, 2017)
- 20) Meyers, F. E. (2000). *Estudios de Tiempos y Movimientos para la manufactura ágil*. México: Pearson Educación.
- 21) Meyers, F. E. (2006). *Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales*. México: Pearson Educación.
- 22) Niebel, W. B. (2009). *Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo*. México D.F.: McGraw-Hill.
- 23) Páez, W. (2017). *Propuesta de mejora del proceso de transformación del cacao en APOMD para la disminución de su desperdicio*. Bogota D.C.: Universidad de la Salle.
- 24) Ronald. (1924). *Alford, L. P.* New York: Management's handbook.
- 25) Salazar López, B. (2016). *IngenieriaIndustrialonline.com*. Recuperado de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/estudio-de-tiempos/herramientas-para-el-estudio-de-tiempos/> (Marzo, 2017)
- 26) Vaughn, R. C. (1981). *Introducción a la Ingeniería Industrial*. Barcelona: Reverté S.A.

ANEXOS

ANEXO 1

FICHA TÉCNICA DE NUEVA MÁQUINA REFINADORA

8 MOLINO REFINADOR DE CACAO

FICHA TECNICA 15. MOLINO PARA REFINADO DE CACAO MOLROD 500

I. DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO	
Máquina que sirve para refinar la pasta de cacao mediante cinco rodillos, posee control de temperatura y tolva para carga de cacao; construido íntegramente en acero inoxidable	

II. DATOS TÉCNICOS	
Marca	FISCHER
Modelo	MOLROD 500
Potencia (HP)	5
Productividad (KG/H)	200 a 300
Voltaje para la maquina (voltios)	220
Suministro	Motor trifásico
Vida útil (años)	10

III. COSTOS DE FUNCIONAMIENTO	
Costo de electricidad S./hora	S/.1.50 por hora. aproximadamente con tarifa BTSB (S/.0.40/kwh)
Mano de obra necesaria	1 personas; para cargado y para recepción

IV. RECOMENDACIONES	
Solicitar siempre un manual o catálogo de funcionamiento de la máquina.	
Solicitar una capacitación previa del uso de la máquina.	
Solicitar tiempo de garantía.	

V. DONDE SE PUEDE COMPRAR	
Empresa que comercializa	Fischer Agro - Perú
Costo aproximado de la máquina	US \$ 2,800.00
Garantía	1 año.
Dirección tienda	Av. Tomás Marsano 2455 - Ovalo Higuiereta - Lima 34, Perú.
Teléfonos	271-7778 Cel. 9988-38409/ 9939-84010 RPC; 962386777 Nextel: 421*7449 - 104*1396 Fax: 273-0096 RPM.:#816514
Dirección electrónica	agro@fischer-peru.com Gerencia@fischer-peru.com



Figura A.1. Especificaciones técnicas de molino para refinado de cacao (Alemana, 2013)

ANEXO 2

TABLA DE LEVANTAMIENTO Y SELECCIÓN DE TIEMPOS

DEL PROCESO DE DESCASCARILLADO

Item	Tiempo	Observaciones	Tiempo Acumulado	Diferencia
1	7,77	Entera	12:00:08 a. m.	#¡VALOR!
2	6,3	Entera	12:00:15 a. m.	12:00:07 a. m.
3	10,08	Pedaceada	12:00:26 a. m.	12:00:11 a. m.
4	7,92	Pedaceada	12:00:33 a. m.	12:00:07 a. m.
5	4,97	Entera	12:00:38 a. m.	12:00:05 a. m.
6	2,83	Ya pelada	12:00:42 a. m.	12:00:04 a. m.
7	8,43	Entera	12:00:47 a. m.	12:00:05 a. m.
8	4,71	Entera	12:00:51 a. m.	12:00:04 a. m.
9	9,73	Entera	12:00:55 a. m.	12:00:04 a. m.
10	8,72	Entera	12:01:02 a. m.	12:00:07 a. m.
11	7,36	Entera	12:01:06 a. m.	12:00:04 a. m.
12	4,31	Pedaceada	12:01:15 a. m.	12:00:09 a. m.
13	9,26	Pedaceada	12:01:25 a. m.	12:00:10 a. m.
13,5		Toma puñado	12:01:28 a. m.	12:00:03 a. m.
14	4,67	Entera	12:01:36 a. m.	12:00:08 a. m.
15	8,01	Entera	12:01:40 a. m.	12:00:04 a. m.
16	4,91	Entera	12:01:45 a. m.	12:00:05 a. m.
17	4,85	Entera	12:01:50 a. m.	12:00:05 a. m.
17,5		Acomodo	12:01:54 a. m.	12:00:04 a. m.
18	9,38	Entera	12:01:58 a. m.	12:00:04 a. m.
19	5,7	Pedaceada	12:02:03 a. m.	12:00:05 a. m.
20	10,25	Entera	12:02:08 a. m.	12:00:05 a. m.
20,5		Recoge pedazo	12:02:12 a. m.	12:00:04 a. m.
21	4,01	Entera	12:02:17 a. m.	12:00:05 a. m.
22	3,14	Pedaceada	12:02:27 a. m.	12:00:10 a. m.
23	3,9	Entera	12:02:32 a. m.	12:00:05 a. m.
24	3,28	Entera	12:02:37 a. m.	12:00:05 a. m.
25	4,6	Entera	12:02:39 a. m.	12:00:02 a. m.
26	11,9	Entera	12:02:44 a. m.	12:00:05 a. m.
27	12,23	Entera	12:02:48 a. m.	12:00:04 a. m.
27,5		Trata de abrir una haba	12:02:50 a. m.	12:00:02 a. m.
28	5,65	Entera	12:02:55 a. m.	12:00:05 a. m.
28,5		Recoge pedazo	12:02:59 a. m.	12:00:04 a. m.
29	4,33	Entera	12:03:06 a. m.	12:00:07 a. m.
29,5		Recoge pedazo	12:03:10 a. m.	12:00:04 a. m.
29,7		Toma puñado	12:03:12 a. m.	12:00:02 a. m.
30	2,71	Entera	12:03:17 a. m.	12:00:05 a. m.
30,5		Recoge pedazo	12:03:22 a. m.	12:00:05 a. m.
31	8,99	Entera	12:03:30 a. m.	12:00:08 a. m.
31,5		Recoge pedazo	12:03:36 a. m.	12:00:06 a. m.
32		Entera	12:03:43 a. m.	12:00:07 a. m.
32,5		Acomodo silla	12:03:48 a. m.	12:00:05 a. m.
33		Entera	12:03:53 a. m.	12:00:05 a. m.
34		Entera	12:03:56 a. m.	12:00:03 a. m.
35		Entera	12:03:58 a. m.	12:00:02 a. m.
			12:08:28 a. m.	12:04:30 a. m.
36		Entera	12:08:32 a. m.	12:00:04 a. m.
37		Pedaceada	12:08:39 a. m.	12:00:07 a. m.
38		Pedaceada	12:08:47 a. m.	12:00:08 a. m.

Figura A.2. Registro de tiempos del proceso de descascarillado

ANEXO 3

TABLAS DE LEVANTAMIENTO DE TIEMPOS DEL PROCESO DE REFINADO

MUESTRA	PESAJE	TRANSP	1º Molido	2º Molido	3º Molido
1	19,6	8,4	3:16,9	3:50,5	4:12,4
2	22,3	9,1	3:00,0	3:45,4	2:54,5
3	20,9	9,1	2:49,9	3:21,0	3:10,2
4	30,24	12,67	2:43,08	2:33,39	3:04,91
5	29,44	14,00	2:30,73	2:22,43	3:05,42
6	31,20	10,45	2:37,43	2:33,60	2:29,26
7	26,56	10,30	2:28,62	3:00,06	2:46,71
8	26,53	14,82	3:00,60	2:46,53	2:39,40
9	28,34	11,37	2:41,34	2:38,12	2:40,15
10					

Figura A.3. Fotografía del levantamiento del primer grupo de muestras de tiempos del proceso de refinado

MUESTRA	PESAJE	TRANSP	1º Molido	2º Molido	3º Molido
11	34,97	11,73	2:43,29	2:47,14	2:35,00
12	26,46	11,58	2:40,31	2:44,38	3:05,57
13	24,21	10,62	2:32,08	2:39,77	3:55,93
14	25,14	11,38	2:38,87	2:40,71	2:40,05
15	24,59	11,08	2:39,90	2:44,91	3:16,13
16	26,96	11,19	2:36,76	2:35,06	4:57,61
17	27,11	10,31	2:39,13	2:37,94	2:20,85
18	31,51	11,04	2:38,79	2:31,29	2:42,97
19 (2x1kg)	27,43	11,57	1:21,44	1:11,03	1:42,28
10	32,56	11,54	2:35,95	2:37,32	3:22,21

Figura A.4. Fotografía del levantamiento del segundo grupo de muestras de tiempos del proceso de refinado

ANEXO 4
ESTACIÓN DE TRABAJO ACTUAL DEL PROCESO DE
DESCASCARILLADO



Figura A.5. Fotografía del proceso actual de descascarillado



Figura A.6. Balanza para pesaje de la cáscara en proceso de descascarillado