



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA INGENIERÍA FORESTAL

**“DETERMINACIÓN DE COSTOS Y RENDIMIENTOS DE
MAQUINARIA PARA LA ELABORACIÓN DE CHIPS EN LA
EMPRESA AGLOMERADOS COTOPAXI”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO FORESTAL

AUTOR:

CRISTHIAN PATRICIO ROJAS TIXE

Riobamba - Ecuador

2022



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA INGENIERÍA FORESTAL

**“DETERMINACIÓN DE COSTOS Y RENDIMIENTOS DE
MAQUINARIA PARA LA ELABORACIÓN DE CHIPS EN LA
EMPRESA AGLOMERADOS COTOPAXI”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO FORESTAL

AUTOR: CRISTHIAN PATRICIO ROJAS TIXE

DIRECTOR: Ing. EDUARDO PATRICIO SALAZAR CASTAÑEDA

Riobamba - Ecuador

2022

© 2022, **Cristhian Patricio Rojas Tixe**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, CRISTHIAN PATRICIO ROJAS TIXE, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 07 de marzo de 2022



Cristhian Patricio Rojas Tixe

060421805-7

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA INGENIERÍA FORESTAL

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular: Tipo: Proyecto de Investigación, “**DETERMINACIÓN DE COSTOS Y RENDIMIENTOS DE MAQUINARIA PARA LA ELABORACIÓN DE CHIPS EN LA EMPRESA AGLOMERADOS COTOPAXI**”, realizado por el señor: **CRISTHIAN PATRICIO ROJAS TIXE**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros de Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

FIRMA

FECHA

Ing. Miguel Ángel Guallpa Calva
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



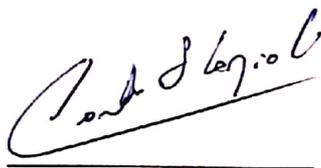
2022-07-27

Ing. Eduardo Patricio Salazar Castañeda
**DIRECTOR DEL TRABAJO DE
INTEGRACIÓN CURRICULAR**



2022-07-27

Ing. Carlos Francisco Carpio Coba
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



2022-07-27

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y por permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. Con mucho amor le dedico todo mi esfuerzo y trabajo puesto para la realización de esta tesis a mi madre Juana Tixe Flores, por ser ella el pilar más importante y fundamental en mi vida, por demostrarme siempre su cariño, ejemplo y apoyo incondicional. A mis hermanos/as y sobrinos Kevin, Ronald, Gael y Alejandro que solo con verlos fueron una motivación para continuar superándome. que los quiero mucho y gracias por todo, siento que este momento es tan especial para ustedes como para mí, gracias por estar conmigo y apoyarme siempre. Sin ustedes a mi lado no lo hubiera logrado, tantas desveladas sirvieron de algo y aquí está el fruto. Los quiero mucho y nunca los olvidare.

Cristhian

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a Dios por haberme guiado por el camino de la felicidad hasta ahora; en segundo lugar, a cada uno de los que son parte de mi familia a mi Madre, a mis hermanos/as, mis sobrinos y mis amigos por haberme dado la fuerza y apoyo incondicional que me han ayudado y llevado hasta donde estoy ahora.

A los miembros de mi tribunal el Ing. Eduardo Salazar y el Ing. Carlos Carpio, muchas gracias por su apoyo en todo el proceso, por su tiempo y dedicación para lograr culminar con el presente Trabajo de Integración Curricular.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a la Facultad de Recursos Naturales y a la Escuela de Ingeniería Forestal por la formación de excelencia recibida en esta prestigiosa institución.

A la Empresa Aglomerados Cotopaxi S.A, especialmente a la Ing. María Gallardo, Ing. Jorge Carrasco y al Ing. Roberto Neuman quienes me apoyaron y aportaron información valiosa para la investigación, tiempo que disfrute de sus amistades, consejos y conocimientos y hoy se constituye un modelo a seguir en mi futura vida profesional.

Hago extensivo mi reconocimiento a la empresa SERAPROF por permitirme realizar este trabajo y tener su colaboración para llevarlo a cabo.

Mil gracias a todos...

Cristhian

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	4
1.1. Biomasa residual forestal.....	4
1.1.1. <i>Aprovechamiento del residuo</i>	4
1.1.2. <i>Residuos forestales en la fabricación de chips para calderas</i>	5
1.1.3. <i>Maquinaria utilizada para biomasa forestal</i>	5
1.2. Estudio de rendimiento.....	5
1.2.1. <i>Rendimiento de maquinaria</i>	5
1.2.2. <i>Factores que afectan el rendimiento</i>	6
1.2.2.1. <i>Factores geomorfológicos</i>	6
1.2.2.2. <i>Factores geográficos</i>	6
1.2.2.3. <i>Factores climáticos</i>	7
1.2.2.4. <i>Factores de masa</i>	7
1.2.2.5. <i>Factores humanos</i>	7
1.2.3. <i>Cálculo del rendimiento</i>	7
1.3. Estudio de tiempos.....	7
1.3.1. <i>Tipos de tiempo</i>	8
1.3.1.1. <i>Tiempo planificado (HrPl)</i>	8
1.3.1.2. <i>Tiempo productivo (HrPr)</i>	8
1.3.1.3. <i>Tiempo de demoras</i>	8
1.3.2. <i>Métodos de medición de tiempos</i>	8
1.3.2.1. <i>Método vuelta a cero</i>	8
1.3.2.2. <i>Método multimomento</i>	8
1.3.2.3. <i>Método continuo</i>	9
1.4. estudio de costos.....	9
1.4.1. <i>Tipos de costos</i>	9

1.4.1.1.	<i>Costos fijos</i>	9
1.4.1.2.	<i>Costos variables</i>	10
1.4.1.3.	<i>Costos de mano de obra</i>	10
1.4.1.4.	<i>Costos unitarios</i>	10
1.4.1.5.	<i>Costos indirectos</i>	11

CAPÍTULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	12
2.1.	Área de estudio	12
2.2.	Ubicación	12
2.3.	Características meteorológicas	13
2.4.	Equipos y materiales	13
2.4.1.	<i>Materiales</i>	13
2.4.2.	<i>Equipos</i>	13
2.4.3.	<i>Maquinaria</i>	14
2.5.	Metodología	14
2.5.1.	<i>Especificaciones del campo experimental</i>	14
2.5.2.	<i>Diseño experimental</i>	14
2.5.2.1.	<i>Factores del diseño experimental</i>	15
2.5.3.	<i>Criterios del estudio</i>	15
2.6.	Esquema del análisis de la varianza (ADEVA)	16
2.7.	Análisis estadísticos y pruebas de significancia	16
2.8.	Procedimiento	16
2.8.1.	<i>Para el objetivo 1: Determinar los factores que afectan en los rendimientos de la producción de chips</i>	16
2.8.1.1.	<i>Rendimiento del sistema del chipeado</i>	16
2.8.1.2.	<i>Factores ambientales</i>	17
2.8.1.3.	<i>Factor humano</i>	17
2.8.1.4.	<i>Factor mecánico de las maquinarias</i>	18
2.8.1.5.	<i>Volumen sin chipear</i>	18
2.8.1.6.	<i>Volumen chipeado</i>	18
2.8.2.	<i>Para el objetivo 2: Establecer los costos unitarios del proceso de chiariado</i>	18
2.8.2.1.	<i>Cálculo de costos unitarios</i>	18
2.8.2.2.	<i>Costos fijos o costos de propiedad de la maquina</i>	19
2.8.2.3.	<i>Costos variables o costos de operación de la maquinaria</i>	19
2.8.2.4.	<i>Costos de reparación y mantenimientos</i>	20

2.8.2.5.	<i>Costos de salarios de los operadores</i>	20
2.8.3.	Manejo del ensayo	21
2.8.3.1.	<i>Cálculo del volumen</i>	21
2.8.3.2.	<i>Medición de tiempos y volumen del chipeado</i>	21

CAPÍTULO III

3.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	25
3.1.	Factores que afectan en el rendimiento de la producción de chips de madera	25
3.1.1.	Factores ambientales y extrínsecos	25
3.1.1.1.	<i>Clima</i>	25
3.1.1.2.	<i>Temperatura (°C)</i>	26
3.1.1.3.	<i>Precipitación (mm/día)</i>	27
3.1.1.4.	<i>Humedad (%)</i>	28
3.1.1.5.	<i>Viento (Km/h)</i>	28
3.1.1.6.	<i>Niebla</i>	29
3.1.1.7.	<i>Riesgo volcánico</i>	30
3.1.1.8.	<i>Ruido</i>	30
3.1.1.9.	<i>Suelo</i>	32
3.1.2.	Factor humano	33
3.1.2.1.	<i>Clima laboral</i>	34
3.1.2.2.	<i>Comunicación, autonomía y motivación</i>	34
3.1.2.3.	<i>Desempeño laboral</i>	35
3.1.2.4.	<i>Rendimiento laboral</i>	36
3.1.2.5.	<i>Rendimiento laboral inadecuado</i>	36
3.1.2.6.	<i>Fatiga</i>	36
3.1.2.7.	<i>Estrés motivado por jefes</i>	36
3.1.2.8.	<i>Nivel de experiencia del operador</i>	37
3.1.2.9.	<i>Puntualidad</i>	37
3.1.2.10.	<i>Ausentismo</i>	37
3.1.2.11.	<i>Uso del teléfono celular</i>	38
3.1.2.12.	<i>Problemas de salud</i>	38
3.1.3.	Factor mecánico de las maquinarias	38
3.1.3.1.	<i>Escases de herramientas y repuestos</i>	39
3.1.3.2.	<i>Calidad de la maquinaria</i>	39
3.1.3.3.	<i>Adquisición incorrecta de repuestos</i>	40
3.1.3.4.	<i>Fallas en equipos</i>	40

3.1.4.	<i>Volumen sin chipear (m³)</i>	41
3.1.5.	<i>Volumen chipeado (m³)</i>	42
3.1.6.	<i>Combustible (L)</i>	43
3.1.7.	<i>Número de operarios (persona)</i>	44
3.1.8.	<i>Alimentación (\$)</i>	45
3.1.9.	<i>Tiempo trabajado (h)</i>	46
3.1.10.	<i>Cantidad de chipeado directo al camión (m³)</i>	47
3.1.11.	<i>Tiempo de demora (h)</i>	47
3.2.	Establecer costos unitarios del proceso de chiariado	48
 CONCLUSIONES		50
RECOMENDACIONES		51
GLOSARIO		
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Ubicación de la empresa Aglomerados Cotopaxi S.A.	12
Tabla 2-2:	Características meteorológicas de la parroquia Lasso del cantón Latacunga	13
Tabla 3-2:	Especificaciones del campo experimental	14
Tabla 4-2:	Criterios del estudio	15
Tabla 5-2:	Tratamientos en estudio	15
Tabla 6-2:	Esquema del ADEVA.....	16
Tabla 7-2:	Nivel de ruido y su rango.....	17
Tabla 8-2:	Nivel de afectación de los factores humanos	17
Tabla 9-2:	Nivel de afectación del factor mecánico de las maquinarias	18
Tabla 1-3:	Factores ambientales y extrínsecos que afectan el rendimiento de la producción de chips	25
Tabla 2-3:	Factores ambientales y su tipo de afectación en el rendimiento de la producción de chips	26
Tabla 3-3:	Nivel de afectación del ruido en los operarios	31
Tabla 4-3:	Detalles del suelo y sus respectivas características.....	33
Tabla 5-3:	Factores humanos que afectan al rendimiento en producción de chips de madera	33
Tabla 6-3:	Nivel de experiencia del operador	37
Tabla 7-3:	Factores mecánicos de las maquinarias que afectan al rendimiento en la producción de chips de madera.....	38
Tabla 8-3:	Análisis de la Varianza del volumen sin chipear	41
Tabla 9-3:	Medias del volumen sin chipear para el tipo de carga evaluado.....	42
Tabla 10-3:	Análisis de la Varianza del volumen chipeado	42
Tabla 11-3:	Medias del volumen chipiado para el tipo de carga evaluado	43
Tabla 12-3:	Análisis de la Varianza para combustible	43
Tabla 13-3:	Análisis de la Varianza para el número de operarios.....	44
Tabla 14-3:	Medias del número de operarios para el tipo de carga evaluada.....	44
Tabla 15-3:	Análisis de la Varianza para alimentación.....	45
Tabla 16-3:	Medias de alimentación para el tipo de carga evaluada.....	45
Tabla 17-3:	Análisis de la Varianza para tiempo trabajado.....	46
Tabla 18-3:	Medias de tiempo trabajado para el tipo de carga evaluado	46
Tabla 19-3:	Análisis de la Varianza para la cantidad de chipeado directo al camión	47
Tabla 20-3:	Análisis de la Varianza para tiempo de demora.....	47
Tabla 21-3:	Medias de tiempo de demora para el tipo de carga evaluado.....	48

Tabla 22-3: Costos unitarios del proceso de chipiado correspondiente al tiempo de estudio (01/12/2021 - 15/02/2022)	49
---	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2:	Área de estudio de la empresa Aglomerados Cotopaxi S.A.....	12
Figura 2-2:	Chipeadora Bandit Intimidator	22
Figura 3-2:	Camión de carga Sinotruk	22
Figura 4-2:	Trineumático Bell 220E LOGGER	23
Figura 5-2:	Cargadora retroexcavadora Caterpillar.....	23
Figura 6-2:	Cargadora grúa hidráulica articulada.....	24

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** EFECTOS DEL RUIDO SOBRE LA SALUD DE LOS OPERARIOS A NIVEL SISTÉMICO
- ANEXO B:** ESCALA DEL VIENTO SEGÚN SU VELOCIDAD
- ANEXO C:** CLASIFICACIÓN DE LA INTENSIDAD DE LLUVIA
- ANEXO D:** ONDAS DE TONO O ALTURA DEL SONIDO
- ANEXO E:** ONDAS DE DURACIÓN DEL SONIDO
- ANEXO F:** ONDAS DEL TIMBRE DEL SONIDO
- ANEXO G:** EFECTOS DEL RUIDO SOBRE LA SALUD DE LOS OPERARIOS
- ANEXO H:** FACTORES DE RIESGO ASOCIADOS AL CALOR
- ANEXO I:** EFECTOS DEL FRÍO SOBRE LA SALUD DE LAS PERSONAS
- ANEXO J:** SISTEMA DEL CHIPEADO
- ANEXO K:** MOTOR NISSAN TURBO DE 220 HP A DIESEL UTILIZADO EN LA CHIPEADORA
- ANEXO L:** CHIPEADORA BANDIT INTIMIDATOR EN OPERACIÓN
- ANEXO M:** MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS DE LA CHIPEADORA
- ANEXO N:** TIPO DE MAQUINARIA QUE SE UTILIZA PARA EL PROCESO DE CHIPEADO: 1RETROEXCAVADORA, 2TRINEUMÁTICO, 3GRÚA Y 4MANUAL
- ANEXO O:** TIPOS DE CHIPEADO: 1AL PISO Y 2DIRECTO AL CAMIÓN
- ANEXO P:** RECOLECCIÓN DE MATERIA PRIMA MANUAL PARA EL PROCESO DE CHIPEADO
- ANEXO Q:** ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLE A LA CHIPEADORA
- ANEXO R:** REPARACIÓN DE LA BANDA HIDRÁULICA DE LA CHIPEADORA
- ANEXO S:** CAMBIO DE LAS CUATRO CUCHILLAS DEL TABOR DE LA CHIPEADORA
- ANEXO T:** ARREGLO DEL CAMINO POR FUERTES LLUVIAS
- ANEXO U:** DESPLAZAMIENTO DE LA CHIPEADORA UTILIZANDO RETROEXCAVADORA (IZQUIERDA) Y TRACTOR (DERECHA)
- ANEXO V:** MEDICIÓN DEL VOLUMEN (M3) CHIPEADO (LARGO, ANCHO Y ALTURA) AL PISO
- ANEXO W:** MEDICIÓN DEL VOLUMEN (M3) SIN CHIPEAR (LARGO, ANCHO Y ALTURA) DE LA MATERIA PRIMA
- ANEXO X:** DESPLAZAMIENTO DEL CAMIÓN VARADO POR LA TOPOGRAFÍA DEL LUGAR

RESUMEN

El objetivo fue determinar los costos y rendimientos de maquinaria para la elaboración de chips en la empresa Aglomerados Cotopaxi. En el estudio se utilizó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), con dos factores (tipo de carga y tiempo), en donde los tratamientos fueron cuatro (Chipeadora + Trineumático, Chipeadora + Manual, Chipeadora + Retroexcavadora y Chipeadora + Grúa) con 3 repeticiones (diciembre, enero y febrero) por tratamiento. Se determinó los factores que afectan los rendimientos en la producción de chips de madera, siendo estos los factores ambientales y extrínsecos, factores humanos y el factor mecánico de las maquinarias. El mayor volumen sin chipear se obtuvo con la retroexcavadora y de 154,31 y un menor volumen con la grúa de 108,56 m³, se logró un volumen chipeado de 25 m³ con la grúa, menor consumo de combustible de 36,10 L al utilizar la grúa, menor número de operarios para la retroexcavadora y grúa de 3,00 para cada uno, menor consumo de alimento de 2,07 para el operario de la grúa, mayor tiempo trabajado de 0,04 h para el manual, 1,81 m³ de chipeado directo al camión al utilizar el trineumático y un menor tiempo de demora de 0,04 h con la retroexcavadora. El menor costo registrado fue determinado para el T1 (Chipeadora + Trineumático) alcanzando un valor de \$9.281,47. Concluyéndose que el mejor costo para la elaboración de chips de madera beneficiara mucho al emplear el T1. Por lo que se recomienda utilizar el T1 (Chipeadora + Trineumático) ya que de acuerdo a los resultados obtenidos se esperan obtener mejores rendimientos en la elaboración de chips de madera a un menor costo.

Palabras clave: <FORESTAL>, <PINO (*Pinus patula*)>, <FACTORES AMBIENTALES >, <CHIPEADO>, <LATACUNGA (CANTÓN)>.

1771-DBRA-UTP-2022

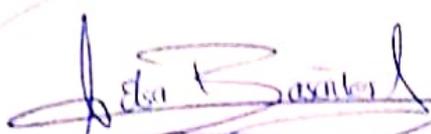

D.B.R.A.I.
Ing. Orián Castillo



ABSTRACT

The aim was to determine the costs and yields of machinery for the production of chips in Aglomerados of Cotopaxi company. The study used a Completely Randomized Block Design (CBLD), with two factors (type of load and time), where the treatments were four (Chipper + Trineumatic, Chipper + Manual, Chipper + Backhoe and Chipper + Crane) with 3 replications (December, January and February) per treatment. The factors affecting yields in the production of wood chips were determined, these being environmental and extrinsic factors, human and the mechanical factor of the machinery. The highest volume without chipping was obtained with the backhoe and 154.31 and a lower volume with the crane of 108.56 m³, a chipped volume of 25 m³ was achieved with the crane, lower fuel consumption of 36.10 L when using the crane, lower number of operators for the backhoe and crane of 3, 00 for each, lower feed consumption of 2.07 for the crane operator, longer working time of 0.04 h for the manual, 1.81 m³ of chipping directly to the truck when using the traction truck and a lower delay time of 0.04 h with the backhoe. The lowest cost recorded was determined for T1 (Chipper + Pneumatic Trencher), reaching a value of \$9,281.47. It was concluded that the best cost for the elaboration of wood chips will benefit a lot when using the T1. Therefore, it is recommended to use T1 (Chipper + Trineumático) since, according to the results obtained, it is expected to obtain better yields in the production of wood chips at a lower cost.

Key words: <FORESTRY>, <PINE (*Pinus patula*)>, <ENVIRONMENTAL FACTORS>, <CHIPPING>, <LATACUNGA (CANTON)>.



Lda. Elsa Basantes Arias, Mgs
C.I: 0603594409

INTRODUCCIÓN

Actualmente, el uso de biomasa representa el 10% del suministro energético mundial, y la principal fuente de esta energía son los residuos agrícolas y forestales generados a partir de la madera. Por ello, en los últimos años se han desarrollado tecnologías para mejorar y optimizar el uso, transporte y almacenamiento de la biomasa (Ayala y Sandoval, 2018, p.3).

En general, los desechos forestales son materiales extraídos de la tala, no necesariamente porque no se pueden convertir en un subproducto, sino que se pueden usar como combustible orgánico. Estos remanentes pueden provenir de diversas actividades como raleos, podas, rebrotes, aprovechamiento final, etc., la mayoría de los cuales provienen de la última poda. En tales casos, los materiales incluyen ramas, despuntes, hojas y acículas. La utilización de la energía de los residuos del bosque de estas misiones puede hacer que estas sean rentables (Velázquez, 2006, p.80). El uso de estos residuos debe ser óptimamente atractivo, desde la extracción, transporte, selección y conversión final, de acuerdo con el atractivo económico, la sustentabilidad ecológica y las características sociales (Velázquez, 2006, p.80).

Conceptualmente, el rendimiento es la diferencia entre el volumen de la troza y la masa final del producto aserrado o cosechado. Depende de ciertas características, tales como: calidad de las materias primas, tiempo empleado en el proceso, maquinaria utilizada, destreza y habilidad del operador, estado de los equipos o máquinas, etc. (Aldás, 2014, p.1). Este rendimiento, se analiza en función del tiempo utilizado en actividad.

Aglomerados Cotopaxi S.A es una empresa de la industria forestal y maderera que se especializa en la producción de tableros de alta calidad para el mercado interno y externo, con instalaciones e infraestructura dotadas de las más modernas tecnologías y procesos productivos controlados, tales la elaboración de tableros de fibra (MDF), de partículas (Aglomerado) de acuerdo a estándares internacionales.

Problemática

La tecnología ha avanzado mucho a lo largo de los años y la silvicultura no se queda atrás, pero su uso en maquinaria avanzada aún se logra a través de un análisis simplificado de costo-beneficio. El producto tiene una tendencia a sobrestimar la rentabilidad del producto. La degradación ambiental puede fomentarse ya que no incluye los costos ambientales de las actividades de producción.

Además, la cosecha de residuos se basa en la cosecha de todo el árbol, lo que significa mayor actividad y costos adicionales para las diversas actividades que contribuyen a la producción de la industria.

Justificación

Dada la importancia de la biomasa forestal y en especial del aprovechamiento de los residuos forestales en la producción de energía se plantea el objetivo de la presente investigación; Determinar los costos y rendimientos de la maquinaria para la elaboración de chips en la empresa Aglomerados Cotopaxi, con la finalidad de eliminar las dudas sobre si el rendimiento y los costos de todas las maquinarias utilizadas benefician o no a la empresa en la producción de chips como combustible para alimentar las calderas, o bien si es preferible la utilización de otros combustibles normales. La metodología utilizada se basa en el estudio de tiempos para cada actividad realizada y después de ello la aplicación de estudios de costos donde detallan a profundidad los gastos implicados en la producción y el transporte de este volumen de chips.

Hipótesis

Hipótesis nula

- Los rendimientos y costos de la maquinaria no varían en la producción de chips de madera.

Hipótesis alternante

- Hay diferencia en los rendimientos y costos de la maquinaria en la producción de chips de madera.

Objetivos

Objetivo General

- Determinar los costos y rendimientos de la maquinaria para la elaboración de chips en la empresa Aglomerados Cotopaxi.

Objetivos específicos

- Determinar los factores que afectan en los rendimientos de la producción de chips.
- Establecer costos unitarios del proceso de chipiado.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Biomasa residual forestal

La biomasa forestal residual proviene principalmente de los usos finales de las plantaciones y sus procesos forestales. Estos incluyen troncos, puntas o tops, ramas, etc., cuyas propiedades no están a la altura del estándar, a menudo se desechan y se dejan en su lugar como material en descomposición. En general, de las plantaciones se extrae más biomasa forestal que troncos, ya que las ramas, esquejes y cortezas de pequeño diámetro pueden utilizarse como combustible para la quema de madera o para la producción de briquetas, pellets o astillas (FAO, 2014, p. 8).

El residuo generado en la industria forestal, ya sea en aserraderos, producción de tableros, producción de pulpa, reciclaje, etc., es un material de alto peso térmico, alta densidad, bajo contenido de humedad con métodos de abastecimiento estructurado. Estos residuos se utilizan de forma intensiva, ya sea para subproductos o para la generación de calor, y se aprovechan individualmente (Velázquez, 2006, pp. 78-79 y FAO, 2014, p. 8) modificando así el uso de otros combustibles más caros por el combustible pétreo.

Según Bertran y Morales (2008, p.21) mencionan que los residuos del manejo forestal y de las actividades mineras pueden ser apreciados como un combustible potencial que puede ser considerado como fuente de energía para proyectos de generación eléctrica cuando se suma a las tecnologías existentes.

1.1.1. Aprovechamiento del residuo

Según Schneider *et al.* (2001 citado en: Velázquez, 2006, p. 80) revela que el aprovechamiento de los desechos forestales abarca seis fases:

- En cada caso, evaluar la biomasa residual del desarrollo forestal y las industrias de procesamiento.
- Análisis de métodos de recolección, clasificación y conservación adaptados al medio forestal.
- Características de desecho en diferentes partes.
- valoración económica.
- Balance energético: El origen de la biomasa supone consumos energéticos en actividades mecánicas (especialmente combustibles fósiles). Estimar el balance energético obtenido de la combustión de cada tipo de residuo.
- Evaluación de impacto ambiental de la recogida de residuos de corte.

1.1.2. Residuos forestales en la fabricación de chips para calderas

En un estudio realizado por Diez *et al.* (2017, pp. 13-14) mencionaron que las propiedades de las astillas oscilaron entre 1,65 y el doble del volumen de la madera maciza. El contenido de humedad que representan estas astillas a base de desechos de procesamiento en seco tiene un contenido de humedad del 11,8 %, mientras que los residuos verdes tienen un contenido de humedad del 50-55 %. Por lo tanto, se requiere un secado natural que permita utilizar el material como combustible (previa racionalización), aumentando así el suministro a las plantaciones.

1.1.3. Maquinaria utilizada para biomasa forestal

- **Procesadoras:** Se basa en el destrozo y apeo de la madera o residuos, si estos restos son bien acomodados en el campo, en su posterior recolección la producción es mayor y el costo menor (IDAE, 2007, p. 9).
- **Autocargadoras:** Se utilizan para cortar materiales para producción o consumo de energía (IDAE, 2007, p. 9).
- **Maquinaria para el astillado y triturado:** El objetivo de esta máquina es reducir el volumen de biomasa, en este caso un subproducto del proceso de siembra y cosecha final. Gracias a estos escombros se aumenta la consistencia de los residuos, asegurando un secado natural y un ahorro en el transporte (IDAE, 2007, p. 11).

1.2. Estudio de rendimiento

Los estudios de desempeño son el tiempo total (productivo y no productivo) por volumen obtenido, expresado en metros cúbicos por hora (m³/hora). En este prototipo de investigación es importante tener en cuenta la situación del lugar de trabajo, ya que la hace similar a futuras investigaciones realizadas en las mismas condiciones (Aguilar, 2015, p. 17).

Al construir modelos de desempeño según Aguilar (2015, pp. 11-12), mencionó la necesidad de conocer la producción en horario comercial. Estos datos de producción a menudo se recopilan o registran al mismo tiempo que se mide el tiempo, a menudo contando el número de unidades producidas y probando periódicamente estas unidades por bloques. Estos modelos son variables inferidas a partir de modelos de tiempo (Tolosana *et al.*, 2000; citado en Cardemil, 2007).

1.2.1. Rendimiento de maquinaria

Cuando nos referimos al rendimiento de una maquinaria como tal, es el número de unidades de trabajo que realiza en la unidad de tiempo (hora), con la siguiente fórmula (Salazar, 2018, p. 9):

$$\text{Producción} = \frac{\text{Unidad de trabajo}}{\text{Hora}}$$

Comunmente las unidades de trabajo más usuales empleadas en el movimiento de tierras son el volumen (m³, ft³, etc.), el peso (ton, kg, lb, etc.) y distancia (m, km, cm, etc.), pero en otras funciones de la edificación se usan distintas unidades adecuadas. La unidad de tiempo más empleada es la hora, aunque a veces la producción se expresa por día (Salazar, 2018, p.9).

1.2.2. Factores que afectan el rendimiento

Cuando se trata del rendimiento de maquinarias que trabajen con unidades de producción como (m³ o toneladas) en la unidad de tiempo, este rendimiento dependerá de la velocidad y esta vez a su vez de la potencia. El equipo debe tener suficiente potencia para vencer la resistencia que se le oponen (Medina, 2017; citado en Salazar, 2018).

De acuerdo a Vignote *et al.* (1993; citado en Aguilar, 2015) mencionan que los principales factores que afectan el rendimiento de los procesadores forestales son: factores geomorfológicos, geográficos, climáticos, de masa y humanos.

1.2.2.1. Factores geomorfológicos

La pendiente del terreno, la desigualdad y la pegajosidad influyen de forma importante al movimiento de la máquina base, hasta el punto de que en muchos casos establecen la posibilidad de su utilización (Vignote *et al.*, 1993; citado en Aguilar, 2015).

La resistencia a la pendiente, también puede ser un factor importante, en este caso se refiere a la tracción que ejerce la maquinaria al subir o bajar una pendiente (Salazar, 2018, p.12).

1.2.2.2. Factores geográficos

La latitud y la altitud afectan directamente el funcionamiento de los equipos forestales, primero por su efecto sobre la hora del día y luego por fallas fundamentales de la máquina (Vignote *et al.*, 1993; citado en Aguilar, 2015).

La resistencia a la rodadura es un factor de rendimiento, es la suma de las fuerzas que resisten el movimiento mecánico del suelo, generalmente debido a superficies irregulares, fricción de neumáticos o huellas en la carretera, incluso fricción del motor y demás (Salazar, 2018, p.11).

1.2.2.3. Factores climáticos

Los eventos meteorológicos tienen un impacto directo pero insignificante en el trabajo del equipo porque afectan el desempeño de los empleados. Indirectamente, son más importantes porque influyen en factores como el cumplimiento (Vignote *et al.*, 1993; citado en Aguilar, 2015).

1.2.2.4. Factores de masa

Las especies de árboles, la edad, la forma, el tamaño, la aspereza, las características, el número de cortezas, ramas y las características de la madera tienen un efecto muy significativo en el rendimiento del procesador. (Vignote *et al.*, 1993; citado en Aguilar, 2015).

1.2.2.5. Factores humanos

El profesionalismo y una actitud positiva afectan directamente el rendimiento de la máquina. Un procesador es un dispositivo que requiere algún tiempo para usarse correctamente, dependiendo de la complejidad del dispositivo. (Vignote *et al.*, 1993; citado en Aguilar, 2015).

1.2.3. Cálculo del rendimiento

Una vez conocido el tiempo de cada actividad, el cálculo del rendimiento se realiza mediante la siguiente fórmula (Jenssen, 1973, p.6):

$$R = \frac{60V}{T}$$

Donde:

R = Rendimiento en metros cúbicos por hora.

V = Volumen de carga en metros cúbicos.

60/T = Número de desplazamientos en una hora.

1.3. Estudio de tiempos

Esto incluye un examen detallado de la distribución del tiempo entre actividades para crear ciclos de trabajo específicos, incluido el tiempo ocupado por otros eventos, distintos del trabajo, interrupciones, eventos, etc. Las pruebas de rendimiento y tiempo pueden alcanzar los siguientes objetivos: mejorar los sistemas y métodos de trabajo, comparar métodos de comunicación o técnicas de trabajo desconocidos, y evaluar económicamente el propio trabajo basado en el desarrollo de la productividad (Rivas y Suárez, 2014, p.25).

1.3.1. Tipos de tiempo

1.3.1.1. Tiempo planificado (HrPl)

Se refiere al tiempo total del período de trabajo, incluso el tiempo de productividad (mano de obra) más el tiempo de demora (Aguilar, 2015, p.15).

1.3.1.2. Tiempo productivo (HrPr)

Es el tiempo total de trabajo de los elementos de producción en el ciclo de trabajo del subsistema, excluyendo el tiempo de retraso, expresado en minutos u horas de producción (Aguilar, 2015, p.15).

1.3.1.3. Tiempo de demoras

Esto se aplica a tiempos ocasionales, ya sea producción intermedia o tiempo de inactividad, y se divide en operativos, mecánicos y personales (Aguilar, 2015, p.15).

1.3.2. Métodos de medición de tiempos

1.3.2.1. Método vuelta a cero

Llamado también como tiempo individual, se detiene en cada punto de medición y se pone a cero justo antes de que comience la siguiente medición de tiempo individual (Rivas y Suárez, 2014, p.27).

La ventaja del tiempo es que se usa directamente, no requiere inferencia, no tiene que describir secuencias y es más adecuado para periodos largos (Rivas y Suárez, 2014, p.27).

La desventaja es que requiere un cronómetro especial y solo puede observar un operador o una máquina a la vez, mientras que el observador mide el tiempo de repetición de muchas partes de una operación, tiende a leer pronósticos menos precisos (Rivas y Suárez, 2014, p.27).

1.3.2.2. Método multimomento

En este caso, la actividad se registra en un momento específico, que casi siempre es elegido por el programa del sistema (a través de un cronómetro que emite un pitido periódicamente, por ejemplo, cada 60 segundos). El período de tiempo debe incluir el día o cubrir uniformemente todos los marcos de tiempo que componen el día, teniendo en cuenta las diferencias de tiempo y rendimiento a lo largo del día (Rivas y Suárez, 2014, p.28).

Según Rivas y Suárez (2014, p.28) una ventaja es que se pueden observar o controlar múltiples operadores o máquinas simultáneamente, y también se pueden registrar secuencias cortas siempre que las pruebas se realicen con tiempo suficiente para obtener observaciones precisas.

La desventaja es que no se puede reproducir la secuencia de trabajo, no se crea un registro cronológico para cada actividad parcial, sino que se agrega al período de observación (Rivas y Suárez, 2014, p.28).

1.3.2.3. Método continuo

En este método, el tiempo se mide sin detener el cronómetro, cada movimiento pasa por el punto de medición y el operador registra la posición del cursor sin detener el puntero, así como el nombre de la acción realizada. El tiempo que incluye cada subactividad se calcula a partir de la diferencia (Rivas y Suárez, 2014, p.28).

Entre las ventajas se encuentran que recupera eficientemente la operación, se pueden identificar, registrar y leer errores, requisitos de reloj simples y tiempos de retardo adecuados para pruebas de ciclo más cortas que el método de puesta a cero (Rivas y Suárez, 2014, p.28).

La desventaja es que a partir de la diferencia se debe calcular el tiempo de cada operación parcial, las secuencias cortas son difíciles de registrar, se debe describir la secuencia correspondiente y solo se puede observar un operador o dispositivo (Rivas y Suárez, 2014, p.29).

1.4. estudio de costos

En general, en cuanto al costo de la máquina forestal, incluirá el costo total de la compra inicial, así como los costos incurridos para su operación. Información inicial sobre especificaciones del equipo, inversión inicial, vida útil de la máquina, costos de reventa, etc. se necesita para calcular costos y variables fijas (Jaramillo, 2005, pp.7-8).

1.4.1. Tipos de costos

1.4.1.1. Costos fijos

Según Berger (2009, p.7) demuestra que el costo fijo es el costo en el que surge durante la vida útil de toda la máquina que son expresados en horas planificadas y se calcula con las siguientes formulas:

$$A = \frac{(Pc - Pr)}{(V * n)}$$
$$I = Pc * I \frac{(V + 1)}{(2 * V * N)}$$

9

$$SI = \frac{(Cl + s)}{n}$$

Donde:

A = Amortización (\$).

I = Intereses (%).

SI = Seguros e Impuestos

Pc = Inversión inicial (\$).

Pr = Valor de reventa (\$).

n = Utilización media de la máquina (horas).

Cl+s = Gastos anuales por concepto de Seguros (\$).

N = Vida Útil (horas).

V = Vida útil (años).

I = Tasa de interés (%).

1.4.1.2. Costos variables

Todos los gastos necesarios para el normal funcionamiento del equipo o maquinaria. Se expresa durante horas de producción (Berger, 2009, p.8). Aquí se encuentran costos como:

Combustible: $F = \text{Consumo combustible} \left(\frac{l}{hr} \right) * \text{precio local}$

Reparación y mantenimiento: $C_{rep+Man} = \frac{(D*Cr)}{hrpr/año}$

Donde:

D = Depreciación.

Cr = Coeficiente de reparación.

1.4.1.3. Costos de mano de obra

Son los costos de los operadores o trabajadores del sistema, los costos sociales y de seguro (Berger, 2009, p.8).

1.4.1.4. Costos unitarios

Este es el costo de producción por metro cúbico de madera (USD/m³) (Berger, 2009, p.9) y se calcula con la siguiente fórmula:

$$\text{Costo unitario} = \frac{\text{Costo horario (hrpl)}}{\text{Rendimiento} \left(\frac{m^3}{hrpl} \right)}$$

1.4.1.5. Costos indirectos

Los costos indirectos pueden variar y corresponder a los procedimientos operativos, administrativos, contables y de control físico de una empresa (Berger, 2009, p. 9).

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Área de estudio

La empresa Aglomerados Cotopaxi S.A., se encuentra situada en la provincia de Cotopaxi; cantón Latacunga, Parroquia Mulaló.



Figura 1-2. Área de estudio de la empresa Aglomerados Cotopaxi S.A.

Fuente: Google Earth, 2022.

2.2. Ubicación

La ubicación donde se llevó a cabo el estudio se detalla en la tabla 1-2.

Tabla 1-2. Ubicación de la empresa Aglomerados Cotopaxi S.A.

Parámetro	Valor
Longitud	78° 36' 34,36'' W
Latitud	00° 44' 20,36'' S
Altitud	3.060 m.s.n.m

Realizado por: Rojas. Cristhian, 2022.

2.3. Características meteorológicas

Las características meteorológicas del área, lugar donde se llevó a cabo el estudio se detallan en la tabla 2-2.

Tabla 2-2. Características meteorológicas de la parroquia Lasso del cantón Latacunga

Parámetro	Valor
Temperatura (°C)	13,00 – 20,00
Humedad (%)	65,00 – 80,00
Viento (km/h)	9,10 – 12,30
Precipitación (mm/año)	600,00 – 700,00

Fuente: Aglomerados Cotopaxi S.A., 2021.

Realizado por: Rojas, Cristhian, 2022.

2.4. Equipos y materiales

2.4.1. Materiales

- Botas.
- Cinta métrica.
- Esferos.
- Flexómetro.
- Libreta de apuntes.
- Mascarilla.
- Plantillas de campo (Registros).

2.4.2. Equipos

- Cámara fotográfica del celular Huawei P30 lite.
- Equipo de protección personal (EPP), casco, tapones auditivos y guantes.
- Laptop hp, Windows 10 Pro, Intel Core i3-5005U.
- Calculadora Casio fx-82LA PLUS.
- GPS Garmin Etrex 22x sumergible.
- Impresora Ricoh Mpc3003 Ful Color Toner.
- Termohigrómetro Digital Htc-2 Sonda.
- Pluviómetro.
- Anemómetro BENETECH GM816.
- Cronómetro.

2.4.3. Maquinaria

- Camión Sinotruk.
- Chipeadora remolcable Bandit Intimidator.
- Grúa hidráulica articulada Komatsu japon.
- Retroexcavadora Caterpillar.
- Trineumático Bell 220E LOGGER.

2.5. Metodología

2.5.1. Especificaciones del campo experimental

Las especificaciones del campo experimental se detallan en la tabla 3-2.

Tabla 3-2. Especificaciones del campo experimental

Maquinaria	Operario (persona)
Chipeadora (Astilladora)	1
Retroexcavadora (Cargadora)	1
Camión (Transporte)	1
Grúa (Cargadora)	1
Trineumático (Cargadora)	1

Realizado por: Rojas, Cristhian, 2022.

2.5.2. Diseño experimental

Para la presente investigación se utilizó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), con dos factores (tipo de carga y tiempo) desbalanceado, en donde los tratamientos fueron cuatro (Chipeadora + Trineumático, Chipeadora + Manual, Chipeadora + Retroexcavadora y Chipeadora + Grúa). Con 3 repeticiones (diciembre, enero y febrero) por tratamiento. Bajo el siguiente modelo lineal aditivo según Condo y Pazmiño (2015, p.50):

$$Y_{ij} = \mu + R_i + T_j + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} = Valor estimado de la variable dependiente.

μ = Media general.

R_i = Efecto de los bloques.

T_i = Efecto de los tratamientos.

ε_{ij} = Efecto del error experimental.

2.5.2.1. Factores del diseño experimental

- Factor A: Tipo de carga.

A1. Trineumático

A2. Manual

A3. Retroexcavadora

A4. Grúa

- Factor B: Tiempo.

B1. 1^{er} día

B2. 2^{do} día

B3. 3^{er} día

2.5.3. Criterios del estudio

Los criterios del estudio se especifican en la tabla 4-2.

Tabla 4-2. Criterios del estudio

Criterio	Valor
Número de tratamientos	4
Número de repeticiones	3
Número total de unidades experimentales	12

Realizado por: Rojas, Cristhian, 2022.

2.5.3.1. Tratamientos en estudio

Los tratamientos en estudio se describen en la tabla 5-2.

Tabla 5-2. Tratamientos en estudio

Nº de tratamientos	Código	Descripción
1	T1-R1	Chipeadora + Trineumático - Diciembre
2	T1-R2	Chipeadora + Trineumático - Enero
3	T1-R3	Chipeadora + Trineumático - Febrero
4	T2-R1	Chipeadora + Manual - Diciembre
5	T2-R2	Chipeadora + Manual - Enero
6	T2-R3	Chipeadora + Manual - Febrero
7	T3-R1	Chipeadora + Retroexcavadora - Diciembre
8	T3-R2	Chipeadora + Retroexcavadora - Enero
9	T3-R3	Chipeadora + Retroexcavadora - Febrero
10	T4-R1	Chipeadora + Grúa - Diciembre
11	T4-R2	Chipeadora + Grúa - Enero
12	T4-R3	Chipeadora + Grúa - Febrero

Realizado por: Rojas, Cristhian, 2022.

2.6. Esquema del análisis de la varianza (ADEVA)

El esquema del análisis de la varianza se detalla en la tabla 6-2.

Tabla 6-2. Esquema del ADEVA

Fuente de variación	Grados de libertad
Total	11
Repeticiones	2
Tratamientos	3
Error	6

Realizado por: Rojas, Cristhian, 2022.

2.7. Análisis estadísticos y pruebas de significancia

En la presente investigación se utilizó un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), con dos factores (tipo de carga y tiempo) desbalanceado, donde los datos fueron sometidos a los siguientes análisis estadísticos.

- ADEVA (Análisis de varianza). Software estadístico InfoStat (2010).
- Análisis y procesamiento de datos. Microsoft Excel (2019).
- Separación de medias por el método estadístico de Tukey (1949) a un nivel de significancia de $p < 0,05$ y $p < 0,01$.
- Análisis y establecimiento de costos unitarios. Microsoft Excel (2019).

2.8. Procedimiento

2.8.1. *Para el objetivo 1: Determinar los factores que afectan en los rendimientos de la producción de chips*

Se ejecutó una investigación a campo por medio de la observación, para identificar los factores que afectan los rendimientos de la maquinaria, tomando en cuenta las condiciones medioambientales del sitio, el factor humano y el factor mecánico de las maquinarias.

2.8.1.1. Rendimiento del sistema del chipeado

Dentro de este sistema se registraron los rendimientos tanto en horas planificadas como horas productivas; además se tomaron los tiempos de demoras y las actividades detalladas. Las actividades se desarrollaron de la siguiente manera:

- 1) Chipear - Astilladora Bandit Intimidator (m^3).
- 2) Cargar - Retroexcavadora de Caterpillar (m^3).

- 3) Cargar - Grúa hidráulica articulada (m³).
- 4) Cargar - Trineumático Bell 220E LOGGER (m³).
- 5) Cargar - Manual con operarios (m³).
- 6) Transportar - Camión de carga Sinotruk (m³).

2.8.1.2. Factores ambientales

Se realizó mediante la observación científica directa y solo para la toma de datos referente a temperatura y humedad relativa se lo realizó mediante el termohigrómetro ambiental, además para la precipitación se usó el pluviómetro y para calcular el viento el anemómetro.

Además, para el ruido se consultó directamente a los operarios de las maquinarias mediante una valoración subjetiva, mencionándoles ciertos rangos, como se indica en la tabla 7-2.

Tabla 7-2. Nivel de ruido y su rango

Nivel de ruido	Rango de ruido
Bajo	1 - 3
Normal	4 - 5
Fuerte	6 - 7
Muy fuerte	8 - 10

Realizado por: Rojas, Cristhian, 2022.

2.8.1.3. Factor humano

Se realizó mediante la observación científica directa, prestando mucha atención en el profesionalismo y la motivación que influyen directamente en el rendimiento del personal. Aplicando siempre todas las medidas de bioseguridad del personal por motivos del COVID-19. También se consultó directamente a los operarios de las maquinarias mediante la valoración subjetiva, mencionándoles ciertos rangos, para cada nivel, como se indica en la tabla 8-2.

Tabla 8-2. Nivel de afectación de los factores humanos

Nivel de afectación	Rango
Bajo	1 - 4
Medio	5 - 7
Alto	8 - 10

Realizado por: Rojas, Cristhian, 2022.

2.8.1.4. Factor mecánico de las maquinarias

De igual manera este factor se realizó mediante la observación científica directa ya que como investigador tenía objetivos claros y precisos de lo que quería investigar.

Mediante la valoración subjetiva se valoró este factor, como se indica en la tabla 9-2.

Tabla 9-2. Nivel de afectación del factor mecánico de las maquinarias

Nivel de afectación	Rango
Bajo	1 - 4
Medio	5 - 7
Alto	8 - 10

Realizado por: Rojas, Cristhian, 2022.

2.8.1.5. Volumen sin chipear

Se midió cada uno de los camellones en altura, ancho y largo, obteniéndose de tal manera el volumen sin chipear en m³.

2.8.1.6. Volumen chipeado

Una vez llenado el camión con el chip se procedió a medir en altura, ancho y largo al camión cargado; obteniendo de ese modo el volumen chipeado en m³.

2.8.2. Para el objetivo 2: Establecer los costos unitarios del proceso de chiariado

2.8.2.1. Cálculo de costos unitarios

Estos costos unitarios fueron proporcionados por la empresa Aglomerados Cotopaxi donde se realizó el estudio, siendo estos los valores reales con los que la empresa maneja. Se realizó después de facilitados los costos unitarios el debido cálculo, se multiplico el valor unitario de cada detalle por la cantidad de días que se estableció para la realización del estudio, en cada mes que se utilizó cada uno de los tratamientos en estudio.

Pero también se puede determinar los costos según los diferentes autores citados a continuación mediante las siguientes fórmulas que se detallan en los siguientes apartados.

Cálculo de costos unitarios por metro cúbico para la chipear, se puede realizar mediante la siguiente fórmula según Salazar (1973, p.6):

$$C = \frac{CT}{R}$$

Donde:

C = Costo unitario por metro cúbico.

CT = Costo horario del tractor.

R = Rendimiento en horas en metros cúbicos.

2.8.2.2. *Costos fijos o costos de propiedad de la maquina*

1) Costo de depreciación

Para el cálculo de la depreciación se puede realizar mediante la siguiente fórmula (Llanga, 2011 p.34):

$$Cd = \frac{Va - Vr}{N * d * h}$$

Donde:

Cd = Costo de depreciación de la máquina (\$/h).

Va = Valor de compra de la máquina (\$).

Vr = Valor secundario de la máquina (\$).

N = Vida rentable de la máquina (años).

d = Días de labor anual de la máquina.

h = Horas de labor diario de la máquina.

2) Costos de seguros

Estos costos fueron facilitados por el departamento de contabilidad, siendo estos los valores reales que se cancelan a la aseguradora y se realizó el cálculo para reducir estos valores a \$/h.

2.8.2.3. *Costos variables o costos de operación de la maquinaria*

1) Costos de combustibles

En general, el precio de los combustibles se calculó multiplicando el consumo de combustible de las maquinas por el precio de los combustibles dispuestos por el Estado.

Según Llanga (2011, p.35) menciona que también se puede calcular los costos de combustibles mediante la siguiente fórmula.

$$Cc = Cmc * Pc$$

Donde:

Cc = Costo del combustible (\$/h).

Cmc = Consumo de combustible (gl/h).

Pc = Precio del combustible (\$/gl).

2.8.2.4. Costos de reparación y mantenimientos

Para el cálculo de costos de reparación y mantenimientos se puede realizar mediante la siguiente fórmula:

$$Cr = Cmo + Crp$$

Donde:

Cr = Costo de reparación (\$).

Cmo = Costo mano de obra (\$).

Crp = Costo de repuestos (\$).

2.8.2.5. Costos de salarios de los operadores

1) Salarios personales

El precio horario en salario para el personal encargado de la operación de la maquinaria. Para el cálculo de salarios personales se puede realizar mediante la siguiente fórmula:

$$So = \frac{Sr}{Ht} = \frac{Sn * Fsr}{Ht}$$

Donde:

So = Salario del operador (\$).

Sr = Salario real pagado por turno o jornada laboral (\$).

Ht = Horas efectivas de labor de la maquinaria dentro del turno (H)

Sn = Salario tabulado de las diferentes clases y particularidades de acuerdo a la zona o región donde se ejecuten los trabajos (\$).

Fsr = Factor de salario real.

2) Salario real pagado por jornada laboral

Factor de salario real. Para el cálculo de salario real pagado por jornada laboral se puede realizar mediante la siguiente fórmula:

$$Frs = Ps * \left(\frac{Tp}{TI}\right) + \frac{Tp}{TI}$$

Donde:

Frs = Factor de salario real.

Ps = Representa, en fracción decimal, las obligaciones obrero-patronales derivadas de la ley del seguro social y de la Ley del Instituto del Fondo Nacional de la vivienda para los trabajadores.

Tp = Días realmente remunerados durante el año.

TI = Días totalmente laborados durante el año.

2.8.3. Manejo del ensayo

Se elaboró plantillas para la toma de tiempos, rendimientos, costos y maquinaria tomando en cuenta las variables a medir. Se tomó las demoras y tiempo muerto, es decir, el tiempo que se demoró en producir el chip y el tiempo cuando no se está realizando actividad alguna, además la descripción (mantenimiento correctivo/preventivo, daño de las máquinas, atrasos en operaciones previas, descanso, entre otros).

Se tomó en cuenta que el sistema de chipeado labora de lunes a viernes de ocho horas por día. Las muestras registradas fueron tomadas para el T3 (Retroexcavadora) y el T4 (Grúa) de tres días respectivamente y para el T1 (Trineumático) y T2 (Manual) de dos días respectivamente.

2.8.3.1. Cálculo del volumen

El volumen de chipiado se tomó en tres partes, la primera de los camellones (largo, ancho y altura); la segunda, una vez chipeado al piso (largo, ancho y altura) y la última una vez cargado al camión antes de ser transportado a la empresa para alimentar la caldera de la misma. La fórmula empleada fue la siguiente de acuerdo a Requena (2022, p.1):

$$V = \frac{1}{3} * b * h$$

Donde:

V = Volumen (m³).

b = Base (m).

h = Altura (m).

2.8.3.2. Medición de tiempos y volumen del chipeado

En este sistema de chipeado se trabajó con una persona por máquina, es decir, tres operadores; además de una persona adicional con un camión de apoyo.

- **Chipeadora o astilladora (Bandit Intimidator).**

A continuación, en la figura 2-2 se muestra la maquinaria chipeadora.



Figura 2-2. Chipeadora Bandit Intimidator

Realizado por: Rojas, Cristhian, 2022.

En la operación de chipeado el método utilizado fue el de tiempo total en un período de una jornada de trabajo (día). Se utilizó cronometraje por partes diarias, ya que esta máquina trabaja hasta cierto límite de calentamiento, donde se registró la hora de inicio y final de la operación, número de camiones por tratamiento y el cronometraje con el que se llenaba el o los camiones. Se obtuvo el volumen producido por la máquina chipeadora, el cual se lo apuntó en el registro de tiempo, igualmente se registró la cantidad de metros cúbicos en cada camión, con esto se obtuvo el volumen real de producción por día.

- **Camión de carga Sinotruk**

En la figura 3-2 se muestra un camión de carga Sinotruk.



Figura 3-2. Camión de carga Sinotruk

Realizado por: Rojas, Cristhian, 2022.

Se utilizó el cronometraje continuo, se registró el tiempo de las actividades que realizó el camión, es decir, tiempo por viaje, metros cúbicos por viaje y tiempos muertos.

Para el rendimiento de esta máquina, únicamente se sacó el volumen por viaje y por día.

- **Trineumático Bell 220E LOGGER**

A continuación, en la figura 4-2 se muestra la maquinaria forestal trineumático Bell 220E LOGGER.



Figura 4-2. Trineumático Bell 220E LOGGER

Realizado por: Rojas, Cristhian, 2022.

El tiempo se lo tomó con el cronometraje continuo, se detalló todas las operaciones realizadas. Se obtuvo el volumen en metros cúbicos en los camiones cargados y se especificó a qué tratamiento corresponde.

- **Cargadora retroexcavadora Caterpillar**

En la figura 5-2 se muestra la cargadora retroexcavadora Caterpillar.



Figura 5-2. Cargadora retroexcavadora Caterpillar

Realizado por: Rojas, Cristhian, 2022.

Esta maquinaria realizó tres actividades fundamentales (alimentación y desplazamiento de la chipeadora y carga), no se tuvo un orden específico para medirlas individualmente, ya que las actividades no están establecidas en un horario fijo, por tal motivo, se utilizó la técnica de cronometraje continuo, durante el día de producción se registró la actividad que la maquinaria realizó en ese preciso momento, así se determinaron los tiempos que se ocupó en realizar cada actividad. Además de las tres actividades de producción, se registró los tiempos paro.

Una vez llenado los camiones con chips de madera, se determinó el volumen medido en m^3 por los camiones despachados en cada día de jornada laboral.

- **Cargadora grúa hidráulica articulada**

A continuación, en la figura 6-2 se muestra la cargadora grúa hidráulica articulada.



Figura 6-2. Cargadora grúa hidráulica articulada

Realizado por: Rojas, Cristhian, 2022.

Se registró todos los movimientos que realizó esta maquinaria, se empleó la técnica de cronometraje continuo, donde se pudo registrar el tiempo que se demora al realizar cada actividad.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1. Factores que afectan en el rendimiento de la producción de chips de madera

Los factores son:

- Factor ambiental y extrínsecos
- Factor humano
- Factor mecánico

3.1.1. Factores ambientales y extrínsecos

En la tabla 1-3 se observa los diferentes factores ambientales y extrínsecos que afectan el rendimiento de las maquinarias y también del personal en la producción de chip de madera.

Tabla 1-3. Factores ambientales y extrínsecos que afectan el rendimiento de la producción de chips

Factor	Detalle	Tipo de afectación	Nivel de afectación
Clima	Temperatura, precipitación, humedad, viento, niebla y riesgo volcánico.	Directa	Medio
Ruido	Extrínseco	Directa	Alto
Suelo	Extrínseco	Directa	Medio

Realizado por: Rojas, Cristhian, 2022.

3.1.1.1. Clima

Las condiciones climáticas son importantes porque se deben tomar las precauciones necesarias al realizar tareas específicas (Guadamud, 2015, p.27). Es probable que los factores climáticos tengan el mayor impacto en el desarrollo de los eventos y sus actividades (Salazar, 2018, p.58). Según Ibáñez (2019, p.7) recomienda la implementación de buenas prácticas de seguridad para prevenir riesgos laborales para los empleados expuestos a condiciones climáticas adversas. El clima es el conjunto de condiciones meteorológicas que caracterizan a un determinado lugar. Para el estudio del clima se analizó los siguientes elementos meteorológicos: la temperatura, la precipitación, la humedad, la presión y el viento.

Tabla 2-3. Factores ambientales y su tipo de afectación en el rendimiento de la producción de chips

Factor	Valor	Tipo de afectación	Nivel de afectación
Temperatura (°C)	10,00 - 21,00	Directa	Medio
Precipitación (mm/día)	10,20 - 34,70	Directa	Alto
Humedad (%)	60,00 - 70,00	Directa	Medio
Viento (km/h)	3,00 - 5,00	Directa	Medio
Niebla ¹		Directa	Bajo
Riesgo volcánico ²		Directa	Alto

^{1y2}Medido solo por observación directa.

Realizado por: Rojas, Cristhian, 2022.

3.1.1.2. Temperatura (°C)

En el bosque de la empresa Aglomerados Cotopaxi se pudo constatar a través del termohigrómetro ambiental que la temperatura estuvo entre 10 - 21 °C, por lo que al estar en una zona alta (páramo) la mayoría de las veces hacia frío y pocas ocasiones con una temperatura ambiental llevadera. La temperatura del sitio influyó en las operaciones de la maquinaria y de los operarios, tanto que, en los días fríos a la maquinaria se le tenía que realizar un previo calentamiento para que pueda estar en sus óptimas condiciones, dando así una pérdida de tiempo para la producción de chips, en cuanto a los trabajadores el frío afectó al sistema inmunológico provocando resfriados leves en los operarios.

En la investigación, determinación de rendimiento de maquinaria realizada por Salazar (2018, p.58) mostró que tanto las máquinas propias como las contratadas están equipadas con aire acondicionado para mantener una temperatura agradable, creando así un ambiente de trabajo muy cómodo para el operador. Además, también muestra que el aire que circula en la cabina se distribuye uniformemente por toda la cabina a través de diferentes salidas de aire, lo que ayuda a evitar que las ventanas se empañen.

Respecto a estos resultados Ibáñez (2019, p.5) en su investigación sobre riesgos laborales por exposición a condiciones climatológicas adversas concluyó que trabajar en condiciones extremas afecta el mecanismo que regula el calor del cuerpo, así si el exceso de calor corporal no es eliminado adecuadamente, la temperatura corporal aumentará produciéndose múltiples trastornos a causa del calor.

Al estudiar los riesgos laborales en las empresas Pantoja *et al.* (2017, p.848) indica que la temperatura ambiente no debe ser demasiado alta ni demasiado baja durante el funcionamiento, alcanzando una temperatura ideal de 21°C.

Por otro lado, Salazar (2018, p.60) en su investigación, metodología para la determinación de rendimiento de maquinaria menciona que, a temperaturas superiores a 34°C, la actividad corporal comienza a deteriorarse de inmediato, provocando que el cerebro comience a utilizar más recursos para equilibrar la temperatura, deteriorando habilidades como la concentración y la memoria.

Cuando se incrementa el estrés térmico (Ver anexo F), aumenta la probabilidad de falla, al igual que la propensión a los accidentes. El sobrecalentamiento provoca efectos como, letargo, disminución de la cognición, disminución de la capacidad de concentración, alteración del tiempo de reacción, aumento del cansancio, disminución de la memoria, aumento de irritación, aumento de la agresividad, aumento del cansancio y cambio de humor (Ibáñez, 2019, p.11).

En función de la cantidad de calor acumulado de acuerdo a Ibáñez (2019, p.11) se sugiere que la lesión por sobrecalentamiento puede ser más o menos severa en el operador, manifestándose como deshidratación y pérdida de electrolitos, sarpullido, calambres, insolación, colapso por calor, agotamiento y golpe de calor.

Según Ibáñez (2019, p.14) menciona que el estrés por frío es la exposición del trabajador a una pérdida excesiva de calor y es el efecto combinado de factores físicos y climáticos que afectan la transferencia de calor: condiciones ambientales, cuerpo activo y ropa de protección.

Se debe tener muy en cuenta a los factores de riesgo asociados al frío (Ver anexo G), que pueden ser factores individuales como edad, historial médico, uso de ciertos medicamentos, consumo de alcohol, adaptación, vestimenta inadecuada, dieta, factores ambientales como temperatura, humedad relativa, la velocidad del viento, la altitud y otros factores pueden afectar la carga de trabajo físico, la ropa que se usa y la duración de la exposición influyen en la respuesta del empleado al frío (Ibáñez, 2019, p.14).

3.1.1.3. Precipitación (mm/día)

Mediante el pluviómetro en los días que se tomaron los datos se pudo comprobar que las precipitaciones en el sitio de estudio fueron fuertes de 10,20 - 34,70 mm/día (Ver anexo C), por lo que suspendía todas las actividades del sistema de chipeado para ponerse a buen recaudo ante este fenómeno natural. Además, en este lugar no solo existió lluvia, sino también granizo y llovizna por lo cual estos fenómenos afectaron negativamente no solo a la producción de chips sino también a la salud del personal, además de la pérdida de visibilidad a los operarios de las maquinarias. Esto se debió a que la investigación se realizó en temporadas cálidas y lluviosas específicamente en los meses de diciembre, enero y febrero por lo cual incidió en el rendimiento de operarios y maquinarias.

Siempre es un factor a tener en cuenta y en la medida de lo posible mantener la máquina parada en todo momento y afrontar cualquier problema. La productividad de astillas de madera se ve afectada diariamente por la temporada de lluvias, ya que generalmente se dispone de media

jornada laboral de 8 horas. El resto del tiempo, las operaciones se vieron paralizadas por la lluvia (Salazar, 2018, p.58).

La lluvia según Salazar (2018, p.58) revela que perturba la eficiencia de la maquinaria porque afecta la visibilidad, y los niveles freáticos aumentan aún más, aumentando la humedad del suelo y dificultando la carga y el transporte de materiales. Trabajar en esta situación es muy complicado, por lo que la producción de chips se suspende temporalmente hasta que el clima sea favorable para volver a trabajar.

La lluvia afecta la visibilidad, la percepción de las señales y el entorno, y el uso de maquinaria (riesgo de atropellos) (Ibáñez, 2019, p.23).

De acuerdo a Ibáñez (2019, p.24) mencionó que la lluvia puede hacer que el suelo sea resbaladizo, generando riesgo de resbalones y caídas, y también puede haber riesgo de derrumbes.

3.1.1.4. Humedad (%)

Se pudo corroborar mediante el termohigrómetro ambiental que, en el área de estudio, la humedad relativa fue de 60 % a 70 %, la humedad no es elevada por los vientos fríos existentes, el cuerpo puede transpirar con comodidad, haciendo que el sudor se evapore con facilidad y el operario no se sienta incómodo al momento de operar la maquinaria.

Si la humedad es demasiado alta, el rendimiento de la máquina disminuirá (Salazar, 2018, p.60). La humedad relativa demasiado alta o demasiado baja en el ambiente puede afectar negativamente a los seres humanos. El valor ideal de humedad relativa en el lugar de trabajo es del 50% (Pantoja *et al.*, 2017, p.848).

3.1.1.5. Viento (Km/h)

Los vientos en los predios de la empresa Aglomerados Cotopaxi se midió mediante el anemómetro, registrándose vientos muy calmados de 3 a 5 km/h (Ver anexo B), esto puede ser por la situación geográfica en donde se encuentra el área de estudio, se pudo observar que estos vientos causaron pequeñas molestias en la vista de los operarios (irritación), resequedad de labios y problemas para respirar, tanto que, al producirse este tipo de viento, se originaba polvo e impidiendo la buena visibilidad en el personal que laboraba. Esto pudo haber llevado a la presentación de cualquier accidente laboral con las maquinarias en uso. Respecto a las maquinarias, con los vientos sufren una mayor captación de polvo y basuras en los filtros de aire, lo cual hace que la maquinaria no esté en las condiciones óptimas para operar e influya también en un gasto a los recursos económicos de la empresa, además el viento provoca mayor resistencia cuando avanzan las maquinarias, lo cual se traduce en un mayor consumo de combustible para que la maquinaria siga su trayecto.

La velocidad del aire debe estar entre 0,25 m/s (0,90 km/h) y 0,50 m/s (1,80 km/h) dependiendo de la operación en ambientes cálidos o fríos. Los vientos fuertes logran asumir un efecto significativo en los trabajadores ya que producen polvo y causan irritación en los ojos, labios secos y dificultad para respirar (Salazar, 2018, p.60).

El viento afecta a muchas de las tareas que queremos realizar, afectando más directamente al funcionamiento de los equipos de elevación (grúas torre, plataformas, etc.), se deben aplicar normativas y directrices detalladas del fabricante del equipo. En trabajos en cubiertas no se recomienda laborar con velocidades de viento superiores a 50 km/h. En los trabajos en andamios y torres de aproximación, los efectos del viento deben estar previstos en el plano de montaje e instrucciones de cálculo o en las instrucciones de montaje del fabricante, y el trabajo erguido y seguro del personal, sólo se ejercitarán los miembros cuando las condiciones meteorológicas no atenten contra la salud (Ibáñez, 2019, p.26).

3.1.1.6. Niebla

En el sitio de estudio se logró identificar que la niebla es abundante por la geografía del lugar, ya que está a una altura de 3.842 msnm, la cual este fenómeno natural (niebla) provoca una reducción de la percepción de las señales y del entorno en general, dificultando las condiciones de visibilidad necesarias para el manejo de vehículos o maquinaria, conducción mecánica de cargas, distinción de las zonas de acopio de materiales, etc., lo cual estos riesgos pueden provocar accidentes mortales a los operarios y afectar también negativamente a las maquinarias.

Según Ibáñez (2019, p.4) esto sugiere que, en condiciones climáticas difíciles, los trabajadores están expuestos a condiciones altamente volátiles durante la mayor parte de la jornada laboral, en algunos casos duras. Esto puede causar una serie de lesiones al operador, como caídas por resbalones, aplastamiento, contacto eléctrico, quemaduras, choque térmico, etc.

Es útil contar con un plan de seguridad y salud en el trabajo que incluya un apartado de análisis de patrones climáticos en el área de trabajo y enumere las medidas de protección a tomar según la situación (Ibáñez, 2019, p.5).

La niebla es un factor de riesgo importante a considerar, que afecta la visibilidad, especialmente el uso adecuado de la máquina, las buenas instrucciones de operación y la capacidad de conducir. También afecta el buen tránsito, ya que el terreno por donde se mueven los trabajadores y las máquinas se vuelve resbaladizo y existe el riesgo de que los trabajadores se caigan y golpeen, así como el riesgo de que la maquinaria vuelque una y otra vez. Además, afecta a los equipos eléctricos porque la humedad generada aumenta el riesgo de descarga eléctrica (Ibáñez, 2019, p.25).

3.1.1.7. Riesgo volcánico

El personal encargado de la producción de chips trabaja en las faldas del volcán Cotopaxi, por lo que en situaciones de amenaza eruptiva volcánica los operarios no disponen de un protocolo de evacuación, de tal manera que sus vidas estarán en inminente peligro en caso de ocurrir una erupción, afectando también de esta manera a las bienes (maquinarias) de la empresa.

De acuerdo a Scan- done *et al.* (1993; citado en Gómez *et al.*, 2017) señalan que el riesgo volcánico es el consecuencia de multiplicar el peligro volcánico, la vulnerabilidad y el valor. Donde el valor indica la cantidad de vidas humanas y bienes materiales en riesgo durante una erupción volcánica. Los peligros volcánicos a menudo se miden en términos de pérdida de vidas.

Según Crandell *et al.* (1984; citado en Gómez *et al.*, 2017) los detalles del riesgo volcánico son consecuencias predecibles para el evento volcánico en términos de daño y pérdida de vida, y destruyendo un tipo de propiedad y otras pérdidas económicas.

Debido a que, en la mayoría de los casos, es imposible reducir los riesgos naturales, en este caso, los riesgos volcánicos significan, ajustar las vulnerabilidades en las exposiciones (Cardona, 2003; citado en Gómez *et al.*, 2017), es decir, en la valoración del riesgo los factores primordiales deben ser de carácter social y económico (Ortiz, 2000; citado en Gómez *et al.*, 2017).

Existen tres niveles de intervención en las políticas públicas para el manejo del riesgo, los cuales son la caracterización del riesgo (que incluye la percepción del riesgo, las representaciones sociales y la evaluación objetiva), reducción del riesgo (prevención y mitigación) y manejo del desastre (respuesta inmediata y recuperación) (Cardona, 2003; citado en Gómez *et al.*, 2017).

Según Magill y Blong (2005; citado en Gómez *et al.*, 2017) mencionan que los riesgos volcánicos deben calcularse por separado para cada peligro, como un producto posible, ampliado y correcto; Donde la posibilidad de ciertos riesgos se determina en la revolución volcánica; La extensión es la tarifa del aula puede verse afectada por el peligro; El efecto es la tasa de pérdida en el área de atención (vidas y construcciones).

3.1.1.8. Ruido

La maquinaria (retroexcavadora, trineumático y camión) que se emplea para el proceso de chipeado y que opera la empresa SERAPROF, poseía cabina silenciosa permitiendo reducir de tal modo los niveles de ruido al operador, sin embargo, las maquinarias que no poseían cabina silenciosa era la chipeadora y la grúa hidráulica articulada. Mediante la audición se pudo verificar que el ruido emitido por la maquinaria chipeadora no fue tolerable, afectando en gran medida a la audición de los operarios. Para disminuir los niveles del ruido se observó que el personal utilizaba tapones auditivos, esto fue importante porque a futuro evitará la pérdida de la capacidad

auditiva, por lo que es ideal utilizar protecciones auditivas cada vez que se opere la maquinaria para un mejor cuidado del personal, debido a que los operarios están cerca de la maquinas.

Al realizar la valoración del personal mediante la valoración subjetiva se obtuvo los siguientes resultados que se detallan en la tabla 3-3.

Tabla 3-3. Nivel de afectación del ruido en los operarios

Acción	Nivel de ruido	Tipo de afectación	Nivel de afectación
Operador chipeadora	9	Directa	Alto
Operador retroexcavadora	4	Indirecta	Normal
Operador grúa hidráulica articulada	8	Directa	Alto
Operador trineumático	8	Directa	Alto
Operador camión de carga	3	Indirecta	Bajo

Realizado por: Rojas, Cristhian, 2022.

El ruido puede afectar seriamente tu concentración, concentración y rendimiento. Es evidente que al realizar una tarea necesita la utilización de señales acústicas, el ruido de fondo puede oscurecer estas señales o interferir con su percepción. Por otro lado, el ruido repentino puede distraer, reduciendo la productividad en muchos tipos de trabajo (Ver anexo A), especialmente en aquellos que exijan un cierto nivel de concentración (Herrera, 2012, pp.29-30). Por otro lado, según Ribeiro y Cámara (2006; citado en Ganime, 2010) mencionan que la exposición al ruido puede generar efectos negativos para la salud como estrés, irritabilidad, hipertensión arterial y puede estar asociada a otras condiciones de riesgo.

Con el paso de los años, los trabajadores expuestos a niveles elevados de presión sonora pueden sufrir una pérdida auditiva neurosensorial irreversible (pérdida auditiva provocada por la exposición a niveles elevados de presión sonora) (Ribeiro y Cámara, 2006; citado en Ganime, 2010). La pérdida de audición inducida por el ruido solo se puede prevenir eliminando o reduciendo la exposición al sonido. Se piensa que es una de las enfermedades profesionales más frecuentes. Este problema es permanente, irreversible y no existe un tratamiento eficaz para la exposición excesiva al ruido (El Dib *et al.*, 2007; citado en Ganime, 2010).

Si no se pueden reducir los niveles de ruido, además de las protecciones legales para las empresas, se debe proporcionar a los empleadores EPP para mejorar la condición para el empleado (Ganime, 2010, p.11).

En la investigación, determinación de rendimiento de maquinaria realizada por Salazar (2018, p.58) demostrando que las máquinas que trabajan en la empresa tienen una cabina silenciosa, minimizando el ruido y la vibración dentro de la cabina. Como resultado los niveles de ruido en el interior del compartimiento no superaban los 72 dB, proporcionados según especifica la Norma ISO 6394, optimizan las condiciones de trabajo del operador. La máquina es silenciosa debido a

que los niveles de ruido exterior, los cuales fueron inferiores a 107 dB, permitieron a la maquinaria cumplir el límite de 109 dB que exige la Directiva 2000/14/EC de la Unión Europea. Este funcionamiento extremadamente silencioso permite que la máquina funcione sin perturbar el entorno. Según Fernández (2001; citado en Herrera, 2012) menciona que la sordera permanente es causada por la exposición a largo plazo a niveles superiores a 75 dB, o a sonidos de corta duración superiores a 110 dB, o a la acumulación de fatiga auditiva durante un breve período de tiempo. El ruido no solo afecta el aspecto físico sino también el intelectual, especialmente la capacidad de concentración, reduciendo la eficiencia intelectual y física en el trabajo. Actualmente se cree que 80 decibeles de ruido no causarán pérdida de audición en la mayoría de las personas, siempre que el período de exposición no supere las 16 horas al día. Por su parte, 92 dB de ruido pueden causar sordera con el tiempo si los trabajadores están expuestos a más de 3 horas al día (Ganime, 1993; citado en Ganime, 2010).

Los humanos pueden tolerar algo de ruido, y para evitar la pérdida de la audición, se fijó 85 decibeles (dB) como límite máximo permisible para ocho horas de trabajo por día (Puerta, 1981, p.29).

Cuando el sonido causa cambios o molestias en el cuerpo humano, se lo denomina ruido y debe investigarse o evaluarse para remediarlo, ya que puede dañar varios sistemas del cuerpo (Herrera, 2012, p.13). La idea de que el ruido es un problema del trabajador conduce a una reducción del valor del tiempo y del capital invertido en la producción. Las empresas deben comprender que prestar atención al ruido es más que cumplir con la ley o participar en las inspecciones, ya que esto puede generar una carga financiera causada por enfermedades ocupacionales (Ganime, 2010, p.7).

Según Herrera (2012, p.28) señala que los efectos del ruido en la salud son muy importantes a considerar, el ruido actúa a través del órgano del oído sobre los sistemas nerviosos central y autónomo (Ver anexo E). Cuando la estimulación supera ciertos límites, se produce sordera y efectos patológicos, inmediatos o retardados, en ambos sistemas. En mucha menor medida, el ruido puede ser irritante o dificultar la concentración, la comunicación, el descanso y el sueño a repetición de estas situaciones puede derivar en estrés crónico y estados de estrés que conducen a trastornos psicofisiológicos, enfermedades cardiovasculares y cambios en el sistema inmunológico, disminución del rendimiento académico o laboral, accidentes de trabajo o de tránsito, algunas conductas antisociales, tendencia a salir de la ciudad y Real La pérdida del valor de la propiedad es una consecuencia.

3.1.1.9. Suelo

Se observó que el suelo donde se realizó el estudio no era el adecuado por lo que cuando llovía se creaba abundante barro, de igual manera los caminos se inundaban por las precipitaciones que

se daba en la zona, por ende, la maquinaria no podía avanzar al lugar de trabajo y de tal manera perdiendo tiempo valioso para la producción de chips.

Tabla 4-3. Detalles del suelo y sus respectivas características

Detalle	Característica
Tipo de suelo	Franco arenoso
Meses de estudio	Diciembre, Enero y Febrero
Época	Cálido - lluvioso
Tipo de afectación	Directa
Nivel de afectación	Alta

Realizado por: Rojas, Cristhian, 2022.

De acuerdo a Salazar (2018, p.58) muestra que es factor importante a considerar, en el caso que exista lluvia y si el suelo no es el adecuado se puede producir barro, lo que puede paralizar la operación que se realiza con los residuos generados. en el interior, también afecta el estado de la superficie de la carretera, generando barro y humedad, reduciendo la tracción de la máquina.

Ibáñez (2019, p.23) sugiere que el suelo sobre el que se instalará la máquina debe tener buena estabilidad, evitando posibles derrumbes en el lugar de trabajo y además creando condiciones favorables para el movimiento de la máquina.

3.1.2. Factor humano

En la tabla 5-3 se muestra los factores humanos que afectan al rendimiento en la producción de chips de madera.

Tabla 5-3. Factores humanos que afectan al rendimiento en la producción de chips de madera

Factor humano	Valor	Tipo de afectación	Nivel de afectación
Clima laboral	10	Directa	Alto
Comunicación	9	Directa	Alto
Autonomía	8	Directa	Alto
Motivación	9	Directa	Alto
Desempeño laboral	9	Directa	Alto
Rendimiento laboral	9	Directa	Alto
Fatiga	10	Directa	Alto
Estrés motivado por jefes	6	Directa	Medio
Nivel de experiencia del operador	9	Directa	Alto
Puntualidad	10	Directa	Alto
Ausentismo	10	Directa	Alto
Uso del teléfono celular	5	Directa	Medio
Problemas de salud	5	Directa	Medio

Realizado por: Rojas, Cristhian, 2022.

Según Mayo (1977; citado en Pilligua y Arteaga, 2019) señaló que el ambiente, la iluminación, la reducción del ruido, las herramientas y los equipos de los empleados son factores importantes (condición física) que cada organización debe proporcionar para que los empleados aumenten su productividad. Por lo tanto, en una organización, los gerentes deben tomar las decisiones correctas para crear un buen ambiente de trabajo.

3.1.2.1. Clima laboral

Se pudo verificar que todo el personal sabía muy bien a que se dedicaba la empresa y que objetivos perseguía. Antes de que una empresa pueda diseñar un ambiente de trabajo para sus empleados, debe definir su cultura organizacional, valores, misión, visión, principios, políticas y metas. Surgirá una incompreensión entre los empleados: incertidumbre sobre el futuro de la organización y por ende falta de sentido de pertenencia (Minsal & Pérez, 2007 y Tamayo, Del Rio & García, 2014; citado en Pilligua y Arteaga, 2019).

La relación entre el entorno de trabajo y la productividad está determinada en gran medida por el estilo de gestión de la organización, por lo que el resultado puede controlarse en gran medida según las circunstancias particulares. A lo largo de la historia, numerosos estudios han tratado de demostrar la naturaleza de la relación entre productividad y clima laboral, mostrando que existe una relación entre ambos (Pilligua y Arteaga, 2019, p.6).

3.1.2.2. Comunicación, autonomía y motivación

De acuerdo a Vilema (2018, p.17) menciona que otra de las variables que forman parte del factor humano y que pueden afectar en el rendimiento de la producción de chips de madera dentro de la empresa es la comunicación, la autonomía y la motivación, describiéndose cada uno de ellos en el siguiente apartado.

La comunicación es una forma importante de conectar empleados, grupos de trabajo y empresas. Para ampliar el alcance de los objetivos de una organización, es necesario desarrollar y perfeccionar habilidades de comunicación efectiva (Massaro, 2015; citado en Vilema, 2018). La comunicación es uno de los pilares de la mejora continua de los procesos empresariales, pues es a través de ella que se establecen relaciones de comunicación óptimas entre los empleados y la dirección, cuyos resultados se reflejan en la productividad y eficiencia organizacional. Su medición, por tanto, va más allá de crear una imagen del comportamiento interno de la empresa y su recaudación, es decir, tratar la comunicación como un indicador general del buen desempeño productivo (Vilema, 2018, p.19).

La autonomía es el grado de libertad que un empleado puede tener para tomar decisiones y resolver problemas. La autonomía es la capacidad de los empleados para controlar su situación

laboral (Navarro *et al.*, 2007; citado en Vilema, 2018). Independientemente de la empresa y la industria, la autonomía de los empleados incluye elegir alternativas para proyectos, procesos o clientes. A menudo, solo los gerentes pueden desarrollar un alto grado de autonomía, lo que deja a otros miembros de empresas de nivel inferior poniendo en peligro sus puestos, lo que resulta en la marginación. La autonomía es esencial cuando se busca mejorar el compromiso, la moral y la motivación de los empleados al permitirles tomar decisiones sobre su vida laboral y, por lo tanto, mejorar el rendimiento (Vilema, 2018, p.19).

La motivación es la estimulación que conduce a una persona que elige o realiza actividades entre opciones que aparecen en un contexto particular (Prado, 2015; citado en Vilema, 2018). Para lograr un alto nivel de motivación, el análisis previo debe ser necesario porque la diferente conciencia entre las personas para determinar las expectativas individuales, por lo que su relación con la compañía necesita la compañía de la compañía. La motivación y la evaluación de la motivación es necesaria para diagnosticar cualquier problema en el entorno de trabajo y afectar a los empleados para aumentar las ganancias de la producción (Vilema, 2018, p.19).

Según Prieto (2014; citado en Vilema, 2018) mencionó que es necesario enfatizar los elementos internos oficiales e informales que afectan el comportamiento de los empleados, de la conciencia y las preocupaciones, el sistema se ha construido sobre el clima de la compañía e Intervenir en la motivación laboral. Desde este punto de vista, el final de la evaluación es el diagnóstico de la conciencia y las actitudes de los empleados relacionados con el entorno laboral. Especialmente en términos de cumplir con la compañía; Para que los factores trascendentes describan a las empresas basadas en las relaciones y la conciencia de los empleados con el incidente en el desarrollo, el desempeño y la productividad de la organización (Vilema, 2018, p.20).

3.1.2.3. Desempeño laboral

El desempeño laboral también puede influir en el rendimiento productivo de la empresa, según Sánchez (2012; citado en Vilema, 2018) el desempeño profesional también puede afectar la producción de una empresa, sugiriendo que el nivel de inteligencia y conocimiento que posee una persona se considera inicialmente como los determinantes de su desempeño en el trabajo. Sin embargo, con el tiempo, las investigaciones realizadas en contextos ocupacionales han demostrado que otros rasgos de personalidad de los empleados pueden afectar positiva o negativamente las actividades que realizan en el puesto de trabajo.

De acuerdo a Sandoval (2011; citado en Vilema, 2018) afirma que aspectos de la personalidad de un individuo, como sus habilidades, destrezas y principios, influyen directamente en la forma en que se desempeña en el ambiente de trabajo y reconoce que este está sujeto. cambiar. a lo largo del tiempo, por lo que no se puede asumir que sólo lo que una persona sabe y su nivel de inteligencia son características que predicen su desempeño profesional.

3.1.2.4. Rendimiento laboral

El desempeño laboral es un aspecto que está influenciado por muchos aspectos diferentes, no solo relacionados con la personalidad del empleado sino también con otros factores como la relación jefe-empleado, la relación entre los empleados y los compañeros, el ambiente de trabajo y el sistema de remuneración y valoración del Talento Humano (Vilema, 2018, p.28).

Por lo tanto, si uno de estos factores se desarrolla de alguna manera, dará paso a que surjan dificultades que afecten negativamente la productividad de los empleados, le cueste a la empresa y, por lo tanto, limiten el desempeño de los empleados y la capacidad de la empresa para crecer y expandirse en el futuro (Uribe, 2014; citado en Vilema, 2018).

3.1.2.5. Rendimiento laboral inadecuado

El rendimiento laboral inadecuado que están relacionadas con la empresa que pueden conducir a un rendimiento deficiente, como la infraestructura tecnológica, los procedimientos de gestión implementados internamente y cuestiones culturales inherentes, como las políticas organizativas y los objetivos que deben alcanzarse. También se tienen en cuenta aspectos relacionados con el propio empleado, como el nivel de conocimientos, habilidades y capacidades, tipo de personalidad, etc. y por supuesto su nivel de lealtad y compromiso con la organización en la que se encuentra. (Williams, 2013; citado en Vilema, 2018).

3.1.2.6. Fatiga

Mediante una consulta directa a los operarios indicaron que la labor realizada si les causa fatiga al realizar el trabajo diario, dependiendo la utilización de la maquinaria.

Según Salazar (2018, p.47) menciona que la fatiga laboral es un fenómeno complejo y muy común en los ambientes de trabajo, especialmente en aquellos que requieren altas cargas físicas y el uso de tecnologías complejas, el mayor requerimiento para el hombre.

3.1.2.7. Estrés motivado por jefes

Hubo mayor estrés en los operarios cuando sus superiores les presionaban para obtener mayor volumen de chipeado por día.

El estrés de los empleados se puede controlar fomentando buenas relaciones laborales con los compañeros de trabajo, ya que es un indicador de la capacidad para tolerar más o menos el estrés. Sentirse apreciado por los compañeros, solidario en los momentos más difíciles y sentirse comprendido ante las adversidades son herramientas con las que los seres humanos toleramos mejor las situaciones estresantes (Salazar, 2018, p.47).

3.1.2.8. Nivel de experiencia del operador

Se consultó directamente a los operarios sobre su nivel de experiencia, lo cual en la tabla 6-3 se registran los resultados.

Tabla 6-3. Nivel de experiencia del operador

Acción	Nivel de experiencia
Operador chipeadora (meses)	4
Operador retroexcavadora (años)	7
Operador grúa hidráulica articulada (años)	12
Operador trineumático (años)	9
Operador manual (meses)	4
Operador camión de carga (años)	32

Realizado por: Rojas, Cristhian, 2022.

Según Salazar (2018, p.47) mencionó que el nivel de experiencia del operador afecta directamente el desempeño de cada operación, así como la integridad de los equipos y máquinas.

3.1.2.9. Puntualidad

Se registró la puntualidad en un formato de asistencias facilitado por la empresa SERAPROF, en la cual se verificó que los operarios llegaron puntualmente a su lugar de trabajo sin excepción alguna.

Si los operadores llegan tarde, serán amonestados como parte de la política de la empresa. Además, algunas empresas cuentan con dispositivos de control de acceso que utilizan sensores de huellas dactilares (Salazar, 2018, p.48), y otras empresas en cambio lo registran por medio de registros de asistencia en formatos ya establecidos por cada organización.

3.1.2.10. Ausentismo

Se registró que ningún operario se ausento durante su labor, indicado de esta manera un respeto por la empresa desde el empleado al empleador.

Según Salazar (2018, p.48) expone que puede darse en pocas veces, solo en caso de fuerza mayor y con la aprobación regulatoria correspondiente.

3.1.2.11. *Uso del teléfono celular*

Se pudo constatar que el uso del teléfono celular se dio en el operario de la retroexcavadora y el operario del camión de carga mientras realizaba sus actividades laborales, lo cual esto influye en el rendimiento productivo de la empresa y afectando negativamente en su eficiencia.

El uso de un teléfono móvil se ha convertido en una prioridad para la mayoría de las personas porque además de servir como una herramienta personal, también es un dispositivo importante para trabajar y mantenerse en contacto con los empleados. Sin embargo, si no se gestiona adecuadamente, obviamente puede afectar negativamente la productividad de los empleados. Algunas empresas tienen leyes que prohíben el uso de teléfonos celulares durante el horario laboral; además, se les puede llamar la atención a los trabajadores si lo mantienen en uso (Salazar, 2018, p.49).

3.1.2.12. *Problemas de salud*

Mediante la observación se pudo comprobar que los operarios no tuvieron problemas de salud muy graves, especialmente no fueron contagiados por el virus COVID-19, el cual es un problema mundial que llegó a ser una pandemia muy catastrófica. Los operarios solo presentaron síntomas gripales muy leves, esto se verificó tras las pruebas hechas por la empresa a los operarios en el cual se descartó el contagio por COVID-19.

La salud de los trabajadores de acuerdo a Salazar (2018, p.48) muestra que depende de las condiciones de trabajo (factores de riesgo y amenazas de la naturaleza y procesos de trabajo) y del acceso a los servicios de salud.

3.1.3. *Factor mecánico de las maquinarias*

En la tabla 7-3 se muestra los factores mecánicos de las maquinarias que afectan al rendimiento en la producción de chips de madera.

Tabla 7-3. Factores mecánicos de las maquinarias que afectan al rendimiento en la producción de chips de madera

Factor	Valor	Tipo de afectación	Nivel de afectación
Escases de herramientas y repuestos	9	Directa	Alto
Calidad de la maquinaria	6	Directa	Medio
Adquisición incorrecta de repuestos	3	Directa	Bajo
Fallas en equipos	10	Directa	Alto

Realizado por: Rojas, Crithian, 2022.

De acuerdo a (Salazar, 2018, p.66) mencionó que, para evitar averías repentinas de la máquina, se debe modificar cada pocas horas para que esto no suceda. Esto incita un retardo en el cumplimiento de los trabajos programados o cualquier otra actividad para evitar daños graves y por ende interrupción de los trabajos. La empresa tiene que asumir las consecuencias que afectan directamente al desempeño mecánico de las máquinas, ya sean impactos, falta de herramientas y repuestos, adquisición inadecuada de repuestos, deficiente aseguramiento de la calidad de las máquinas, etc.

3.1.3.1. Escases de herramientas y repuestos

En los días de toma de datos, se observó que, por la distancia del lugar, las herramientas y repuestos que hacían falta llegaban muy tarde, lo cual como resultado se suspendía en ocasiones todo el sistema de chipeado, esto contribuyó en la pérdida de la producción de chips y a la economía de la empresa.

Las máquinas deben estar equipadas con todas las herramientas y accesorios adecuados y deben ser revisadas periódicamente para asegurar su correcto funcionamiento y prevenir posibles accidentes en el lugar de trabajo (Salazar, 2018, p.56).

3.1.3.2. Calidad de la maquinaria

La calidad de la maquinaria existente en el sistema de chipeado, se pudo constatar que la chipeadora es una maquinaria antigua del año 2002, lo cual no va a rendir igual que una nueva y de un año superior, por lo que la producción y el rendimiento no son los esperados por la empresa. Sin embargo, la grúa hidráulica articulada, la retroexcavadora, el trineumático y el camión eran seminuevos.

La máquina comprada debe garantizar estándares de calidad. La máquina arrendada debe cumplir con los parámetros de aseguramiento de la calidad especificados en el contrato (Salazar, 2018, p.53). Según Puerta (1981, p.31) mencionó que condiciones mecánicas peligrosas pueden sorprender al operador en cualquier momento. Cuanto más efectivamente se controle el riesgo, menor será la posibilidad de que ocurra un accidente.

De acuerdo a OIT (2013, p.122) estipula que las máquinas que presenten un riesgo de descarga eléctrica o aplastamiento de seres humanos deben estar provistas de medios adecuados para señalar el movimiento de personas o proteger a los empleados contra tales amenazas. Lo mismo se aplica a las máquinas, cuyo uso incluye la repetición sistemática de movimientos hacia adelante y hacia atrás en el mismo eje, y el conductor no puede ver directamente detrás de la máquina.

La empresa verificará la calidad y el estado de la máquina a través del sistema de registro. Las empresas que prestan servicios de alquiler de máquinas deben cumplir con los requisitos de

calidad exigidos por los contratistas (Salazar, 2018, p.53). Los materiales utilizados en la fabricación de las máquinas deben ser lo suficientemente resistentes para adaptarse a las características del entorno en el que se utilizan (OIT, 2013, p.65).

Además, el diseño y la construcción de la máquina deben evitar peligros potenciales para quienes la operarán. Es la forma más práctica y económica de prevenir desastres inesperados (Puerta, 1981, p.32). La máquina y sus partes deben ser lo suficientemente estables para evitar vuelcos o movimientos incontrolados durante su uso (OIT, 2013, p.65).

Según OIT (2013, p.75) la maquinaria debe diseñarse y fabricarse de manera que se evite el riesgo de sobrecalentamiento, incendio y explosión provocados por la propia máquina o por gases, líquidos, polvo, vapores y otras sustancias generados a su uso

3.1.3.3. Adquisición incorrecta de repuestos

Mediante la observación se pudo presenciar que, al momento de un cambio de piezas o repuestos para la maquinaria, la compra fue incorrecta, ya que ciertas piezas adquiridas no encajaron en el lugar que se necesitaba realizar el cambio, esto pudo deberse a que no disponían de estándares ni de formatos para una compra de repuestos o piezas correctas.

En el estudio, determinación de rendimiento de maquinaria realizada por Salazar (2018, p.53) señala que debe haber un control estricto sobre la compra de piezas y que cada pieza debe ser inventariada a su vez para no causar problemas a la empresa.

Los posibles errores susceptibles de ser cometidos en la compra de repuestos para reemplazar determinadas piezas que pudiesen formar un principio de riesgos, mediante el adecuado conocimiento de dichas piezas o, en su defecto, por medio de indicaciones sobre la manera correcta de comprar las piezas para prevenir un riesgo (OIT, 2013, p.73).

3.1.3.4. Fallas en equipos

En la investigación durante la toma de datos, se presentó ruptura de la banda hidráulica de la chipeadora que tomó un tiempo considerable en cambiarlo, afectando así la producción de chips, también así el cambio de cuchillas que se lo hacía una vez que sus filos se habían desgastado. Respecto a las mangueras hidráulicas se deterioraban por la mala manipulación de la maquinaria, que ocasionaba un daño en el sistema de chipeado, dando como resultado un fallo a la maquinaria. Un tocón de árbol puede llegar a desprender o romper una cuchilla o diente. Lo que procede ante ese caso sería cambiarlo, lo que requiere de mucho tiempo para su reparación.

Según Salazar (2018, p.53) manifiesta que, la mayoría de las fallas de las máquinas son causadas por daños en las llantas, las baterías y las mangueras a medida que envejecen. La posible avería es

que se pierdan algunas de las hojas de la excavadora y también se pierdan algunos de los dientes de la excavadora, llevará algún tiempo reemplazarlos.

Toda la maquinaria debe ser mantenida, inspeccionada y comprobada por personal calificado a intervalos apropiados. Cualquier reparación de varias partes solo debe ser realizada por personal calificado de acuerdo con las instrucciones del fabricante (OIT, 2013, p.92).

Para evitar daños a los componentes y mantener una adecuada lubricación, el operador debe lubricar regularmente los puntos de enganche de la máquina, de lo contrario, las partes mecánicas deben ser inspeccionadas por una persona calificada para evitar paralizar las actividades laborales (Salazar, 2018, p.54).

Si la máquina tiene un problema particularmente peligroso, se debe colocar en la máquina una señal que prohíba el acceso a la máquina mientras la máquina esté en funcionamiento, la señal debe ser claramente visible desde una distancia suficiente para garantizar la seguridad del cuerpo de las personas cercanas (OIT, 2013, p.123).

De acuerdo a Salazar (2018, p.54) revela que el uso de alta tecnología en las mangueras de la maquinaria puede operar a presiones muy altas, aumentar la potencia hidráulica y reducir el tiempo de inactividad de las máquinas por rotura de las mangueras. La inteligente alineación y fijación de las mangueras minimizan el riesgo de que puedan sufrir daño. Según OIT (2013, p.65) manifiesta que las diversas partes de la maquinaria y sus conexiones deben poder soportar las tensiones que se producen durante el uso.

3.1.4. Volumen sin chipear (m^3)

En la tabla 8-3 se indica el análisis de la varianza del volumen sin chipear.

Tabla 8-3. Análisis de la Varianza del volumen sin chipear

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo	13073,44	11	1188,49	1,53	0,2041
Tipo de carga	11442,68	3	3814,23	4,91	0,0115
Tiempo	441,73	2	220,87	0,28	0,7558
Repeticiones	174,45	2	87,22	0,11	0,8944
Tipo de carga*Tiempo	1014,58	4	253,65	0,33	0,8564
Error	13978,71	18	776,59		
Total	27052,15	29			

Realizado por: Rojas, Cristhian, 2022.

Al realizar el análisis de varianza para el volumen de *P. patula* sin chipear se registró diferencias significativas ($p=0,0115$) para el tipo de carga (factor A); mientras que para el tiempo (factor B),

la interacción y las repeticiones no registraron diferencias relevantes ($p > 0.05$), por lo que se acepta la hipótesis alternativa para el tipo de carga.

En la tabla 9-3 se muestra las medias del volumen sin chipear para el tipo de carga.

Tabla 9-3. Medias del volumen sin chipear para el tipo de carga evaluado

Tipo de carga	Medias (m ³)	n	E.E.		
Retroexcavadora	154,31	9	9,85	A	
Manual	153,43	6	13,93	A	
Trineumático	133,76	6	19,71	A	B
Grúa	108,56	9	9,85		B

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=41,51096

Error: 776,5950 gl: 18

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Realizado por: Rojas, Cristhian, 2022.

La prueba de Tukey muestra que se forman dos rangos. En el rango A la utilización de los métodos de carga con retroexcavadora permitió registrar un volumen sin chipear de 154,31 m³, manual con un volumen de 153,43 m³ y trineumático con un volumen de 133,76 m³. En el rango B se encuentra trineumático y grúa este último registró un volumen sin chipear de 108,56 m³.

3.1.5. Volumen chipearado (m³)

En la tabla 10-3 se indica el análisis de la varianza del volumen chipearado.

Tabla 10-3. Análisis de la Varianza del volumen chipearado

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	56,52	11	5,14	1,88	0,1137
Tipo de Carga	38,67	3	12,89	4,71	0,0135
Tiempo	0,38	2	0,19	0,07	0,9329
Repeticiones	9,96	2	4,98	1,82	0,1908
Tipo de carga*Tiempo	7,51	4	1,88	0,69	0,6109
Error	49,27	18	2,74		
Total	105,80	29			

Realizado por: Rojas, Cristhian, 2022.

Al realizar el análisis de varianza para el volumen chipearado de *P. patula* se registró diferencias significativas ($p=0,0135$) para el tipo de carga (factor A); mientras que para el tiempo (factor B), la interacción y las repeticiones no registraron diferencias significativas ($p > 0.05$), por lo que se acepta la hipótesis alternativa para el tipo de carga.

En la tabla 11-3 se muestra las medias del volumen chipiado para el tipo de carga.

Tabla 11-3. Medias del volumen chipiado para el tipo de carga evaluado

Tipo de carga	Medias (m ³)	n	E.E.		
Grúa	25,00	9	0,58	A	
Retroexcavadora	23,58	9	0,58	A	B
Trineumático	22,72	6	1,17	A	B
Manual	22,21	6	0,83		B

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=2,46454

Error: 2,7374 gl: 18

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Realizado por: Rojas, Cristhian, 2022.

La prueba de Tukey muestra que forman dos rangos. En el rango A la utilización de los métodos de carga con grúa permitió registrar un volumen chipiado de 25 m³, retroexcavadora con un volumen de 23,58 m³ y trineumático con un volumen de 22,72 m³. En el rango B se encuentra la retroexcavadora, Trineumático y manual registrando este último un volumen chipiado de 22,21 m³.

3.1.6. Combustible (L)

En la tabla 12-3 se indica el análisis de la varianza para combustible.

Tabla 12-3. Análisis de la Varianza para combustible

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo	882,85	10	88,28	1,09	0,4711
Tipo de carga	245,80	3	81,93	1,01	0,4442
Tiempo	410,46	2	205,23	2,52	0,1495
Repeticiones	164,48	2	82,24	1,01	0,4114
Tipo de carga*Tiempo	62,10	3	20,70	0,25	0,8559
Error	569,30	7	81,33		
Total	1452,14	17			

Realizado por: Rojas, Cristhian, 2022.

Al evaluar el consumo de combustible, no se reportaron diferencias estadísticas para el tipo de carga (factor A), tiempo (factor B), interacción y repeticiones ($P > 0,05$). De esta manera se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa.

La inactividad de las maquinarias puede darse por ineficiencia de la administración, esperando por combustible para las máquinas (Salazar, 2018, p.64).

3.1.7. Número de operarios (persona)

En la tabla 13-3 se indica el análisis de la varianza para el número de operarios.

Tabla 13-3. Análisis de la Varianza para el número de operarios

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo	84,73	11	7,70	8,09	0,0001
Tipo de carga	79,53	3	26,51	27,85	<0,0001
Tiempo	1,50	2	0,75	0,79	0,4699
Repeticiones	0,87	2	0,43	0,46	0,6414
Tipo de carga* Tiempo	2,83	4	0,71	0,74	0,5744
Error	17,13	18	0,95		
Total	101,87	29			

Realizado por: Rojas, Cristhian, 2022.

Al realizar el análisis de varianza para el número de operarios se registró diferencias significativas ($p < 0.05$) para el tipo de carga (factor A); mientras que para el tiempo (factor B), la interacción y las repeticiones no registraron diferencias significativas ($p > 0.05$), por lo que se acepta la hipótesis alternativa para el tipo de carga.

En la tabla 14-3 se muestra las medias del número de operarios para el tipo de carga.

Tabla 14-3. Medias del número de operarios para el tipo de carga evaluada

Tipo de carga	Medias (persona)	n	E.E.	
Manual	7,17	6	0,49	A
Trineumático	3,50	6	0,69	B
Retroexcavadora	3,00	9	0,34	B
Grúa	3,00	9	0,34	B

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=1,45328

Error: 0,9519 gl: 18

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Realizado por: Rojas, Cristhian, 2022.

La prueba de Tukey muestra que forman dos rangos. En el rango A la utilización del método de carga manual permitió registrar un número de operarios de 7,17. Mientras que en el rango B se encuentra trineumático con 3,50, para la retroexcavadora y grúa registró 3 operarios para cada uno.

3.1.8. Alimentación (\$)

En la tabla 15-3 se indica el análisis de la varianza para alimentación.

Tabla 15-3. Análisis de la Varianza para alimentación

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo	2,60	11	0,24	1,73	0,1450
Tipo de carga	2,25	3	0,75	5,50	0,0073
Tiempo	0,01	2	0,01	0,05	0,9538
Repeticiones	0,04	2	0,02	0,16	0,8572
Tipo de carga*Tiempo	0,29	4	0,07	0,54	0,7109
Error	2,46	18	0,14		
Total	5,06	29			

Realizado por: Rojas, Cristhian, 2022.

Al realizar el análisis de varianza para la alimentación se registró diferencias significativas ($p < 0.05$) para el tipo de carga (factor A); mientras que para el tiempo (factor B), la interacción y las repeticiones no registraron diferencias significativas ($p > 0.05$), por lo que se acepta la hipótesis alternativa para el tipo de carga.

En la tabla 16-3 se muestra las medias de alimentación para el tipo de carga.

Tabla 16-3. Medias de alimentación para el tipo de carga evaluada

Tipo de carga	Medias (\$)	n	E.E.	
Manual	2,83	6	0,18	A
Trineumático	2,28	6	0,26	B
Retroexcavadora	2,22	9	0,13	B
Grúa	2,07	9	0,13	B

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,55023
Error: 0,1364 gl: 18

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Realizado por: Rojas, Cristhian, 2022.

La prueba de Tukey muestra que forman dos rangos. En el rango A la utilización del método de carga manual permitió registrar \$2,83. En el rango B se encuentra el trineumático con \$2,28, la retroexcavadora con \$2,22 y grúa que registró \$2,07.

3.1.9. Tiempo trabajado (h)

En la tabla 17-3 se indica el análisis de la varianza para tiempo trabajado.

Tabla 17-3. Análisis de la Varianza para tiempo trabajado

F.V.	SC	Gl	CM	F	p-valor
Modelo	1,9E-03	11	1,7E-04	1,96	0,0984
Tipo de carga	1,6E-03	3	5,5E-04	6,33	0,0040
Tiempo	4,0E-05	2	2,0E-05	0,23	0,7942
Repeticiones	4,7E-05	2	2,3E-05	0,27	0,7661
Tipo de carga*Tiempo	1,4E-04	4	3,4E-05	0,40	0,8072
Error	1,6E-03	18	8,6E-05		
Total	3,4E-03	29			

Realizado por: Rojas, Cristhian, 2022.

Al realizar el análisis de varianza para el tiempo trabajado en el proceso de chipiado de *P. patula* se registró diferencias significativas ($p=0,0040$) para el tipo de carga (factor A); mientras que para el tiempo (factor B), la interacción y las repeticiones no registraron diferencias significativas ($p>0,05$), por lo que se acepta la hipótesis alternativa para el tipo de carga.

En la tabla 18-3 se muestra las medias de tiempo trabajado para el tipo de carga.

Tabla 18-3. Medias de tiempo trabajado para el tipo de carga evaluado

Tipo de carga	Medias (h)	n	E.E.		
Manual	0,04	6	4,6E-03	A	
Trineumático	0,03	6	0,01	A	B
Grúa	0,03	9	3,3E-03	A	B
Retroexcavadora	0,02	9	3,3E-03		B

Test: Tukey Alfa=0,05 DMS=0,01384

Error: 0,0001 gl: 18

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Realizado por: Rojas, Cristhian, 2022.

La prueba de Tukey muestra que forman dos rangos. En el rango A la utilización de los métodos de carga manual permitió registrar un tiempo trabajado de 0,04 h, trineumático con un tiempo trabajado de 0,03 h y grúa con un tiempo trabajado de 0,03 h. En el rango B se encuentra trineumático, grúa y retroexcavadora este último registró un tiempo trabajado de 0,02 h.

Este se puede identificar como las actividades que corresponden al tiempo trabajado (tiempo productivo) estrictamente, mientras que las maquinarias se encuentran en las labores sin interrupciones (Salazar, 2018, p.63).

3.1.10. Cantidad de chipeado directo al camión (m^3)

En la tabla 19-3 se indica el análisis de la varianza para la cantidad de chipeado directo al camión.

Tabla 19-3. Análisis de la Varianza para la cantidad de chipeado directo al camión

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0,50	11	0,05	0,87	0,5814
Tipo de carga	0,18	3	0,06	1,14	0,3606
Tiempo	0,09	2	0,04	0,84	0,4487
Repeticiones	0,11	2	0,06	1,08	0,3603
Tipo de carga*Tiempo	0,12	4	0,03	0,58	0,6794
Error	0,95	18	0,05		
Total	1,45	29			

Realizado por: Rojas, Cristhian, 2022.

Al evaluar la cantidad de chipeado directo al camión, no se reportaron diferencias estadísticas para el tipo de carga (factor A), para el tiempo (factor B), interacción y repeticiones ($P > 0,05$). De esta manera se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa.

3.1.11. Tiempo de demora (h)

En la tabla 20-3 se indica el análisis de la varianza para tiempo de demora.

Tabla 20-3. Análisis de la Varianza para tiempo de demora

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo	0,01	11	1,3E-03	3,80	0,0060
Tipo de carga	0,01	3	3,8E-03	11,26	0,0002
Tiempo	4,0E-05	2	2,0E-05	0,06	0,9426
Repeticiones	4,9E-04	2	2,4E-04	0,72	0,5019
Tipo de carga*Tiempo	2,2E-03	4	5,5E-04	1,61	0,2159
Error	0,01	18	3,4E-04		
Total	0,02	29			

Realizado por: Rojas, Cristhian, 2022.

Al realizar el análisis de varianza para el tiempo de demora en el proceso de chipiado de *P. patula* se registró diferencias significativas ($p=0,0002$) para el tipo de carga (factor A); mientras que para el tiempo (factor B), la interacción y las repeticiones no registraron diferencias significativas ($p > 0,05$), por lo que se acepta la hipótesis alternativa para el tipo de carga.

En la tabla 21-3 se muestra las medias de tiempo de demora para el tipo de carga.

Tabla 21-3. Medias de tiempo de demora para el tipo de carga evaluado

Tipo de carga	Medias (h)	n	E.E.	
Retroexcavadora	0,04	9	0,01	A
Trineumático	0,05	6	0,01	A
Grúa	0,06	9	0,01	A
Manual	0,09	6	0,01	B

Error: 0,0003 gl: 18

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Realizado por: Rojas, Cristhian, 2022.

La prueba de Tukey muestra que forman dos rangos. En el rango A la utilización de los métodos de carga con retroexcavadora permitió registrar un tiempo de demora de 0,04 h, trineumático con un tiempo de demora 0,05 h y grúa con un tiempo de demora 0,06 h. En el rango B se encuentra manual que registro un tiempo de demora de 0,09 h.

Esta causa es la más susceptible de ser mejorada, ya que sobre ella tienen control directo los supervisores. La compañía debe actuar evitando todo tipo de elementos desmotivadores y a su vez incentivando al personal para que ellos quieran hacer las cosas más rápido y con eficacia. Además, la preparación técnica y humana de un supervisor de maquinaria debe ser de buen nivel, con características de líder, para que de esta manera sea atractivo para los operarios trabajar bajo sus órdenes y sobre todo que el tiempo de demora disminuya (Salazar, 2018, p.65).

Por lo general, en las zonas donde se emplea el uso de maquinaria pesada existen condiciones adversas, mucha cantidad de agua y los equipos se quedan atascados. Se necesita la movilización de otros equipos o maquinarias para sacarlos del problema. Eso representa pérdidas de tiempo y mayor empleo de capital para concluir la actividad a fin (Salazar, 2018, p.63).

Según Salazar (2018, p.63) menciona que al tiempo de demora se le puede definir como el tiempo que no aporta o no brinda trabajo productivo, en esta pueden incluirse la inactividad laboral por necesidades fisiológicas, por comer o beber agua, descansar después de haber realizado un esfuerzo físico, buscar sombra por un pequeño tiempo, refrescar la cara y manos y aseo personal.

3.2. Establecer costos unitarios del proceso de chipiado

Al realizar el análisis de los costos unitarios durante el tiempo de estudio para el proceso de chips en la empresa Aglomerados Cotopaxi bajo la utilización de distintos tratamientos como son Chipeadora + Trineumático, Chipeadora + Manual, Chipeadora + Retroexcavadora y Chipeadora + Grúa se registraron costos de \$9.281,47; \$10.697,28; \$13.461,67; y \$10.630,31 para los tratamientos T1, T2, T3 y T4 respectivamente; en donde se incluye los costos por alimentación,

combustibles y lubricantes, alquiler de maquinaria, insumos, mano de obra y otros; como se reporta en el tabla 22-3.

Por lo tanto el menor costo que se registró se obtuvo con el tratamiento T1 con la Chipeadora + Trineumático, llegando a alcanzar \$9.281,47 durante el periodo de investigación (01/12/2021 - 15/02/2022) en la elaboración de chips de madera lo que significa que este tratamiento puede ser más empleado para tal proceso; posteriormente se registró costos mayores, especialmente para el T3 con la Chipeadora + Retroexcavadora dando un valor de \$13.461,67, seguido por el Tratamiento 2 (Chipeadora + Manual), finalmente por el Tratamiento 4 (Chipeadora + Grúa) con \$10.697,28 y \$10.630,31 respectivamente.

Los resultados de los costos obtenidos se deben a la cantidad de operarios que se manejó en cada tratamiento, además al tipo de maquinaria que se empleó para el proceso de elaboración de chips de madera, puesto que estos influyen directamente sobre el capital de la empresa aumentando o disminuyendo los costos de producción, afectando claramente sobre los rendimientos económicos dentro del proceso de elaboración de chips de madera.

Tabla 22-3. Costos unitarios del proceso de chipiado correspondiente al tiempo de estudio (01/12/2021 - 15/02/2022)

Detalle	Tratamientos			
	T1	T2	T3	T4
Alimentación (\$)	210,00	570,00	382,50	202,50
Combustibles y lubricantes (\$)	170,68	125,00	652,10	39,66
Depreciaciones (\$)	5.423,24	3.678,58	5.312,25	6.192,04
Alquiler maquinaria (retroexcavadora) (\$)			3.510,00	
Alquiler maquinaria (camion-18m ³) (\$)	324,00	324,00	144,00	
Insumos (\$)	538,43	883,09	560,12	512,89
Mano de obra (\$)	1.620,00	3.420,00	1.890,00	2.430,00
Movilización de alimentación (\$)	240,00	360,00	270,00	270,00
Otros (\$)	356,00	778,37	426,78	512,34
Seguros (\$)	279,12	558,24	313,92	470,88
Transporte de maquinaria (\$)	120,00			
TOTAL (\$)	9.281,47	10.697,28	13.461,67	10.630,31

Realizado por: Rojas, Cristhian, 2022.

CONCLUSIONES

- De acuerdo a los resultados obtenidos se acepta la HIPÓTESIS ALTERNATIVA y se rechaza la HIPÓTESIS NULA para el tipo de carga en las variables volumen sin chipear, volumen chipeado, número de operarios, alimentación, tiempo trabajado y el tiempo de demora.
- Se logró determinar los principales factores que afectan los rendimientos en la producción de chips de madera en la empresa Aglomerados Cotopaxi. Siendo estos factores ambientales y extrínsecos tales como temperatura, precipitación, humedad, viento, niebla, riesgo volcánico, ruido y suelo, también se pudo identificar los factores humanos y además el factor mecánico de las maquinarias.
- Se obtuvo un mayor volumen sin chipear con la retroexcavadora y la manual de 154,31 y 153,43 m³, un mayor volumen chipeado con la grúa de 25 m³, menor consumo de combustible de 36,10 L al utilizar la grúa, un menor número de operarios para la retroexcavadora y grúa de 3,00 para cada uno, menor consumo de alimento para el operario de la grúa de 2,07, un mayor tiempo trabajado de 0,04 h para el manual, 1,81 m³ de chipeado directo al camión al utilizar el trineumático y un menor tiempo de demora de 0,04 h con la retroexcavadora.
- El menor costo registrado fue determinado con el tratamiento 1 (Chipeadora + Trineumático) alcanzando un valor de \$9.281,47, lo que significa que con este tratamiento la empresa tuvo una disminución en sus costos comparado a los demás tratamientos en estudio, mismos que fueron superiores. Por lo que se distingue como el mejor sistema a emplear para la elaboración de chips de madera.

RECOMENDACIONES

- Se debe brindar las acciones correctivas para cada tipo de factor identificado. Velar en todo momento por los operarios y por el equipo que se alquila, los mismos que se encuentren bajo factores adversos para así mantenerlos en buenas condiciones de trabajo y que no representen pérdidas tanto humanas como económicas para la empresa.
- Replicar el estudio durante un mayor tiempo al de la presente investigación, permitiéndonos formar una nueva base de datos y nuevas alternativas de investigación, teniendo como base al T1 ya que de acuerdo a los resultados alcanzados se esperan obtener mejores rendimientos en la elaboración de chips de madera.
- Para disminuir costos y pérdida de volumen de chips de madera es recomendable chipear directamente al camión y no al piso, ya que esto ahorraría a la empresa tiempo y utilización de combustible a la maquinaria que alimenta a la chipeadora.
- Entregar capacitación al personal para que tengan una noción clara de cómo realizar las actividades, para que estos puedan desempeñar sus labores de manera adecuada y favorezcan a la mejora de los rendimientos por medio de la calidad de los resultados.

GLOSARIO

Aclareo: Acción y efecto de aclarar o espaciar las siembras y plantaciones (RAE, 2014, p.214).

Balance energético: El balance energético (BE) se define como el estado alcanzado cuando la ingesta de energía iguala al gasto energético y se considera “dinámico” y no “estático” (Hill *et al.*, 2012; citado en Varela *et al.*, 2015 p.100).

Biomasa forestal: La masa biológica procedente de residuos de aprovechamientos forestales, incluidos las cortezas, de operaciones silvícolas en masas forestales y espacios verdes, de residuos de actividades agrícolas y de jardinería o de cultivos energéticos (Conselleria de Innovación e Industria, 2008; citado en Copena y Fernández, 2014).

Caldera: La caldera es un dispositivo que produce agua sobrecalentada y genera vapor saturado a cierta presión por medio del poder calorífico de un combustible (De la Sen Sanz, 2000; citado en González *et al.*, 2018).

Camellones: Acumulación de desperdicios en forma de montones en partes superficiales.

Chipeadora: Reducen la madera sólida a partículas mediante un mecanismo de corte con cuchillas (García, 2015 p.3).

Chips de madera: Residuo leñoso que es triturado de las partes de un árbol.

Estrés térmico: Carga de calor a la que están expuestos los trabajadores, que resulta de la combinación de las condiciones ambientales, la actividad física que realizan y las características de la ropa que llevan. Puede producirse por frío y por calor (Ibáñez, 2019, p.27).

Madera en rollo: Troncos de los árboles apeados que se desraman, se separan de la copa, y posteriormente se cortan a unas dimensiones normalizadas (AITIM, 2011, p.1).

Poda: Se refiere a la actividad selectiva estacional o anual para remover ramas muertas, enfermas o que no sean productivas, para manejar plagas y enfermedades y/o para dar forma y redirigir el crecimiento (formación) con el objetivo de influenciar la cosecha, productividad y calidad, y para facilitar la cosecha en sí (RAE, 2014, p.6950).

Rebrote: Acción de rebrotar o aparecer de nuevo una cosa material o inmaterial no prevista y, generalmente, considerada nociva (RAE, 2014, p.7407).

Sistemático: Que sigue o se ajusta a un sistema. Adj. Dicho de una persona: Que procede por principios, y con rigidez en su tenor de vida o en sus escritos, opiniones, etc (RAE, 2014, p.8043).

Termohigrómetro ambiental: Es un instrumento electrónico que en su versión más básica; mide y muestra la temperatura (T) y humedad relativa (HR) del medio, muy sencillos de interpretar (Meza, 2018, p.1).

Tocón: Parte del tronco de un árbol que queda unida a la raíz cuando lo cortan por el pie (RAE, 2014, p.8480).

Trineumático: Maquinaria de tres ruedas muy ágil en pequeñas áreas, generalmente útiles para la clasificación de la madera antes de ser cargada y también usados para cargar (Salas, 2009, p.1).

Troza: Tronco aserrado por los extremos para sacar tablas (RAE, 2014, p.8677).

BIBLIOGRAFÍA

AGUILAR ROMERO, F. Troceado de madera tropical mediante harvester y su impacto en el nivel de rendimiento y costo, año 2015. Propuesta de modelo de cosecha [En línea]. (Trabajo de titulación), (Maestría) Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Unidad de Posgrado, Quevedo - Ecuador. 2015. pp. 1-71. [Consulta: 02 diciembre 2021]. Disponible en: <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/4827/1/T-UTEQ-041.pdf>

ALDÁS LEDESMA, Gustavo Francisco. Rendimiento en el proceso de transformación de madera rolliza a madera escuadrada de pino (*Pinus radiata d. Don*), con dos tipos de aserradero, en la ciudad de Riobamba. [En línea]. (Trabajo de titulación), (Ingeniería) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería Forestal, Riobamba - Ecuador. 2014. pp. 1-95. [Consulta: 05 diciembre 2021]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/3296/1/33T0123.pdf>

ASOCIACIÓN DE INVESTIGACIÓN TÉCNICA DE LAS INDUSTRIAS DE LA MADERA (AITIM). *Madera en rollo*. [blog]. Madrid-España, 29 julio, 2011. pp. 1-3 [Consulta: 01 marzo 2022]. Disponible en: https://infomadera.net/uploads/productos/informacion_general_113_Madera%20en%20rollo_29.07.2011.pdf

AYALA, N. & SANDOVAL, G. *Madera y Bosques "Bioenergía a partir de residuos forestales y de madera"*. [en línea], 2018, (México) 24 (e2401877), pp. 1-14. [Consulta: 05 diciembre 2021]. ISSN 14050471. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/mb/v24nspe/2448-7597-mb-24-spe-e2401877.pdf>

BERGER SILVA, F.I. Evaluación económica de un sistema forestal altamente mecanizado, con la aplicación del sistema operativo PLANFOR, en la Región de los Ríos. [En línea]. (Trabajo de titulación), (Ingeniería) Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales, Valdivia - Chile. 2009. pp.1-63. [Consulta: 10 diciembre 2021]. Disponible en: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2009/fifb496e/doc/fifb496e.pdf>

BERTRAN SPICHIGER, J. & MORALES VERDUGO, E. *Potencial de la biomasa forestal* [en línea]. Santiago de Chile-Chile: Proyecto energías renovables no convencionales en Chile, 2008. [Consulta: 10 Diciembre 2021]. ISBN 978-956-7700-10-3. Disponible en: https://energypedia.info/images/3/3a/Potencial_Biomasa_Forestal_Chile.pdf

CARDEMIL OYARZÚN, Pablo Alonso. Evaluación Técnica y Económica de un Plan de Cosecha de *Eucalyptus nitens* a Tala Rasa, mediante Harvester y Forwarder en la Décima Región, provincia de Valdivia [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales, Carrera de Ingeniería Forestal. Valdivia - Chile. 2007. pp. 1-66 [Consulta: 02 febrero 2022]. Disponible en: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2007/fifc266e/sources/fifc266e.pdf>

CONDO PLAZA, Luis A. & PAZMIÑO GUADALUPE, José M. *Diseño experimental en el desarrollo del conocimiento científico de las ciencias agropecuarias*. 2ª ed. Riobamba-Ecuador: La Caracola, 2015. ISBN: 978-9942-21-569-7, pp.7-104.

COPENA, D. & FERNÁNDEZ, X. “*La producción de energía eléctrica a partir de la biomasa forestal primaria: análisis del caso Gallego*”. Revista Galega de Economía [en línea], 2014, (España) 23(2), pp. 99-111. [Consulta: 22 febrero 2022]. ISSN 1132-2799. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/391/39138754005>

DIEZ, Juan Pablo et al. *INTA EEA Bariloche "Aprovechando residuos forestales: una alternativa de manejo integral de plantaciones de pino ponderosa en la cuenca de Arroyo del Medio"*. [en línea], 2017, (68), pp. 9-14. [Consulta: 05 diciembre 2021]. Disponible en: https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/2338/INTA_CRPatagoniaNorte_EEABariloche_Diez_J_Aprovechando_residuos_forestales.pdf?sequence=1&isAllowed=y

FAO. *Bioenergía y seguridad alimentaria evaluación rápida (BEFS RA)*. Manual de usuario. Aprovechamiento forestal y residuos del aprovechamiento de la madera [en línea] 2014. [Consulta: 10 Diciembre 2021]. Disponible en: <https://www.fao.org/3/bp845s/bp845s.pdf>

GANIME, J. et al. “*El ruido como riesgo laboral: una revisión de la literatura*”. Revista electrónica cuatrimestral de Enfermería [en línea], 2010, (España) 1(19), pp. 1-15. [Consulta: 22 febrero 2022]. ISSN 1695-6141. Disponible en: <https://scielo.isciii.es/pdf/eg/n19/revision1.pdf>

GARCIA LÓPEZ, Antonio. *Maquinaria forestal para el tratamiento de biomasa*. [blog]. Galicia-España: Baygar, 17 marzo, 2015. pp. 1-33 [Consulta: 01 marzo 2022]. Disponible en: http://www.baygar.com/pdf/1399476444_S3Ox.pdf

GÓMEZ, Gemma et al. *Riesgo volcánico: estado del arte y desafíos de trabajo*. Revista Geográfica [en línea], 2017, (Argentina) 69(106), pp. 1-35. [Consulta: 27 febrero 2022]. ISSN 0031-0581. Disponible en:

<https://www.revistasipgh.org/index.php/regeo/article/download/204/207#:~:text=Riesgo%20volc%C3%A1nico%20E2%80%8BEs%20el,riesgo%20durante%20una%20erupci%C3%B3n%20volc%C3%A1nica>.

GONZÁLEZ, A. et al. “Automatización de una caldera pirotubular utilizando el internet de las cosas como medida de monitoreo y seguridad”. Revista de Ingeniería Mecánica [en línea], 2018, (México) 2(8), pp. 12-17. [Consulta: 22 febrero 2022]. ISSN 2531-2189. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/391/39138754005>

GOOGLE EARTH. *Aglomerados Cotopaxi S.A.* 2022. Disponible en: https://earth.google.com/web/search/aglomerados+cotopaxi/@-0.742522,-78.6127138,3039.4515071a,1056.44297456d,35y,0h,45t,0r/data=Cn8aVRJPCiUweDkxZDQ1ODJiNDMyYzYwNzc6MHg5MGE1NjExNzU1YzExOTQ3GbfvUX-9wue_IbQz8bM2p1PAKkRhZ2xvbWVyYWRvcyBjb3RvcGF4aRgCIAEiJgokCQhwtNMOwUW_EU4t5jo-yu2_GT7yk2jQkVPAIcpHFR8OqlPAKAI

GUADAMUD MORENO, Joselyn Denisse. Análisis de rendimiento y costos horarios de maquinaria pesada en la obra "Piady" etapa 1 [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Facultad de Arquitectura y Diseño, Carrera de Ingeniería en Administración de Proyectos de Construcción. Guayaquil - Ecuador. 2015. pp. 18-150 [Consulta: 02 febrero 2022]. Disponible en: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/4479/1/T-UCSG-PRE-ARQ-CIAPC-5.pdf>

HERRERA LÓPEZ, Jorge Luis & VALDIVIA CHÁVEZ, Edgar Jhon. Niveles de precipitaciones proyectadas en la cuenca del valle de Cajamarca para un horizonte de 10 años, que permita identificar zonas de riesgo [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Privada Antonio Guillermo Urrelo, Facultad de Ingeniería, Carrera Profesional de Ingeniería Ambiental y Prevención de Riesgos. Cajamarca - Perú. 2018. pp. 1-82 [Consulta: 2022-02-28]. Disponible en: <http://repositorio.upagu.edu.pe/bitstream/handle/UPAGU/783/TESIS%20FINAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

HERRERA RENDON, Juan David. Métricas para evaluación de la calidad del sonido [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad EAFIT, Escuela de Ingeniería, Departamento de Ingeniería de Mecánica. Medellín - Colombia. 2012. pp. 1-102 [Consulta: 2022-02-28]. Disponible en: https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/4227/JuanDavid_HerreraRendon_2012.pdf?sequence=3

HURTADO YUGCHA, Alex Bladimir. “Normativa de diseño por viento para prevenir daños en pórticos, galpones industriales, soportes de tuberías y estructuras tridimensionales en celosía para el Ecuador” [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Centro de Estudios de Posgrado. Ambato - Ecuador. 2009. pp. 1-276 [Consulta: 2022-02-28]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/2195/1/Maestr%C3%ADa%20E.S.R.%2060%20-%20Hurtado%20Yugcha%20Alex%20Bladimir.pdf>

IBÁÑEZ ESTEBAN, Leonardo. *Riesgos laborales por exposición a condiciones climatológicas adversas.* [blog]. Valencia-España: Seguridad y salud, Fundación laboral de la construcción, 07 mayo, 2019. pp. 1-31 [Consulta: 01 marzo 2022]. Disponible en: https://istas.net/sites/default/files/2019-05/FLaboral%20de%20la%20Construccion_0.pdf

INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA (IDAE). *Biomasa: Maquinaria Agrícola y Forestal* [en línea]. Madrid-España, 2007. [Consulta: 07 Diciembre 2021]. ISBN 978-84-96680-18-0. Disponible en: https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10737_Biomasa_Maquinaria_Agr_Forestal_A2007_4baf4f41.pdf

JARAMILLO MENDOZA, A.C. Evaluación técnica y económica de Sistema de astillado en bosque de *Eucalyptus sp* [En línea]. (Trabajo de titulación), (Ingeniería) Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales, Valdivia-Chile. 2005. pp. 1-41. [Consulta: 07 diciembre 2021]. Disponible en: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2005/fifj.37e/doc/fifj.37e.pdf>

JENSSEN SALAZAR, E. *Revista Forestal del Perú* "Estudio comparativo de rendimiento y costos unitarios de arrastre de dos tractores forestales en el bosque nacional de Iparía". [en línea], 1973, (Perú) 6 (1-2), pp. 1-9. [Consulta: 10 diciembre 2021]. ISSN 9783-8447. Disponible en: http://cedinfor.lamolina.edu.pe/Articulos_RFP/Vol06_no1-2_75-76_%2809%29/vol6_art7.pdf

LLANGA OCHOA, PATRICIA ISABEL. Evaluación de los sistemas de cosecha en plantaciones de pino (*Pinus patula*) en forma mecanizada y semi-mecanizada en la Empresa Aglomerados Cotopaxi S.A [En línea]. (Trabajo de titulación), (Ingeniería) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales, Riobamba-Ecuador. 2011. pp. 1-100. [Consulta: 10 diciembre 2021]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/1357>

MEZA, M. *Termohigrómetro*. [blog]. México, 18 agosto, 2018. p.1-5 [Consulta: 01 marzo 2022]. Disponible en: <https://arquitectura.unam.mx/uploads/8/1/1/0/8110907/termohigrometro.pdf>

ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO (OIT). *Seguridad y salud en la utilización de la maquinaria* [en línea]. Ginebra- Suiza: PRODOC, 2013. [Consulta: 22 febrero 2022]. Disponible en: https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/@ed_protect/@protrav/@safework/documents/normativeinstrument/wcms_164658.pdf

PANTOJA RODRÍGUEZ, Janet et al. “*Riesgos laborales en las empresas*”. Revista Polo del Conocimiento [en línea], 2017, (Ecuador) 2(5), pp. 833-868. [Consulta: 22 febrero 2022]. ISSN 2550-682X. Disponible en: <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/98>

PILLIGUA LUCAS, Cristhian Fabricio & ARTEAGA URETA, Flor María. *El clima laboral como factor clave en el rendimiento productivo de las empresas. estudio caso: Hardepex Cía. Ltda. Cuadernos Latinoamericanos de Administración* [en línea], 2019, (Colombia) 15(28), pp. 1-25. [Consulta: 27 febrero 2022]. ISSN 2248-6011. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/4096/409659500007/409659500007.pdf>

PUERTA, Jorge. “*Los riesgos del trabajo*”. Revista en Salud Pública [en línea], 1981, (Colombia) 7(1), pp. 24-32. [Consulta: 22 febrero 2022]. ISSN 0120-386X. Disponible en: <http://tesis.udea.edu.co/handle/10495/7971>

RAE. *Aclareo. Diccionario de la Real Academia de la lengua española*, (2014), pp. 1-9135. Disponible en: https://mega.nz/file/xoJ03bRY#b76DAEzX_EtGogR9qPEUGiToP1iuRhp7EytIEJBsNv4

RAE. *Poda. Diccionario de la Real Academia de la lengua española*, (2014), pp. 1-9135. Disponible en: https://mega.nz/file/xoJ03bRY#b76DAEzX_EtGogR9qPEUGiToP1iuRhp7EytIEJBsNv4

RAE. *Rebrote. Diccionario de la Real Academia de la lengua española*, (2014), pp. 1-9135. Disponible en: https://mega.nz/file/xoJ03bRY#b76DAEzX_EtGogR9qPEUGiToP1iuRhp7EytIEJBsNv4

RAE. *Sistemático. Diccionario de la Real Academia de la lengua española*, (2014), pp. 1-9135. Disponible en: https://mega.nz/file/xoJ03bRY#b76DAEzX_EtGogR9qPEUGiToP1iuRhp7EytIEJBsNv4

RAE. *Tocón. Diccionario de la Real Academia de la lengua española*, (2014), pp. 1-9135. Disponible en: https://mega.nz/file/xoJ03bRY#b76DAEzX_EtGogR9qPEUGiToP1iuRhp7EytIEJBsNv4

RAE. *Troza. Diccionario de la Real Academia de la lengua española*, (2014), pp. 1-9135. Disponible en: https://mega.nz/file/xoJ03bRY#b76DAEzX_EtGogR9qPEUGiToP1iuRhp7EytIEJBsNv4

RIVAS, F. & SUÁREZ, R. Estudios de Tiempos y Evaluación de Rendimiento de Maquinaria de Cosecha Forestal [En línea]. (Trabajo de titulación), (Ingeniería) Universidad de la República, Facultad de Agronomía, Montevideo-Uruguay. 2014. pp. 1-71. [Consulta: 10 diciembre 2021]. Disponible en: <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/8759/1/3955riv.pdf>

REQUENA SERRA, Bernat. *Volumen de una pirámide*. [blog]. 2022. p. 1 [Consulta: 01 marzo 2022]. Disponible en: <https://www.universoformulas.com/matematicas/geometria/volumen-piramide/>

SALAS, M. *Maquinaria forestal*. [blog]. Valencia-España, 21 abril, 2009. p. 1 [Consulta: 01 marzo 2022]. Disponible en: <http://forestalmaquinaria.blogspot.com/2009/04/maquinaria-forestal.html>

SALAZAR CASTILLO, Daniela. Metodología para la determinación de rendimiento de maquinaria para la compañía Corporación de Desarrollo Agrícola del Monte (PINDECO. S.A.) [En línea] (Trabajo de titulación). (Licenciatura) Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería en Construcción. Cartago - Costa Rica. 2018. pp. 1-107 [Consulta: 2022-02-27]. Disponible en: https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/10486/metodologia_determinacion_rendimiento_maquinaria_pindeco.pdf?sequence=1&isAllowed=y

SALAZAR CASTILLO, D. Metodología para la determinación de rendimiento de maquinaria para la Corporación de Desarrollo Agrícola del Monte [En línea]. (Trabajo de titulación), (Licenciatura) Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de Ingeniería en Construcción, Cartago-Costa Rica. 2018. pp. 1-107. [Consulta: 07 diciembre 2021]. Disponible en:

https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/10486/metodologia_determinacion_rendimiento_maquinaria_pindeco.pdf?sequence=1&isAllowed=y

VARELA, G. et al. "Balance energético, un nuevo paradigma y aspectos metodológicos: estudio ANIBES en España". *Revista Española de Nutrición Comunitaria* [en línea], 2015, (España) 21(1), pp. 99-111. [Consulta: 22 febrero 2022]. ISSN 1135-3074. Disponible en: <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/ibc-150115>

VELÁZQUEZ MARTÍ, B. *Revista Ecosistemas* "Situación de los sistemas de aprovechamiento de los residuos forestales para su utilización energética". [en línea], 2006, (España) 15(1), pp. 77-86. [Consulta: 07 diciembre 2021]. ISSN 1132-6344. Disponible en: <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/519/494>

VILEMA ESCUDERO, María del Carmen. Correlación de los factores del clima laboral con el desempeño de los trabajadores [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad Andina Simón Bolívar, Área de Gestión, Maestría en Dirección de Empresas. Quito - Ecuador. 2018. pp. 1-87 [Consulta: 2022-02-27]. Disponible en: <https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/6212/1/T2649-MBA-Vilema-Correlacion.pdf>


Ing. Christian Castillo



ANEXOS

ANEXO A: EFECTOS DEL RUIDO SOBRE LA SALUD DE LOS OPERARIOS A NIVEL SISTÉMICO

Irregularidad	Sistema afectado
Hiperreflexia y alteraciones	Sistema nervioso central
Dilatación pupilar	Sistema nervioso autónomo
Alteraciones de la frecuencia cardiaca e hipertensión arterial	Aparato cardiovascular
Alteraciones de la secreción gastrointestinal	Aparato digestivo
Aumento del cortisol y otros efectos hormonales	Sistema endocrino
Alteraciones del ritmo	Aparato respiratorio
Alteraciones menstruales	Aparato reproductor
Estrecha del campo visual y problemas de acomodación	Órgano de la visión
Vértigo y nistagmus	Aparto vestibular
Disfonías disfuncionales	Aparato fonatorio

Fuente: Tolosa, 2008; citado en Herrera, 2012.

Realizado por: Rojas, Cristhian, 2022.

ANEXO B: ESCALA DEL VIENTO SEGÚN SU VELOCIDAD

Escala de Beaufort	Velocidad del Viento (km/h)	Denominación del viento
0	1 - 5	Calma
1	6 - 11	Ventolina
2	12 - 19	Muy flojo
3	20 - 38	Flojo
4	29 - 28	Bonancible
5	29 - 38	Fresquito
6	39 - 49	Fresco
7	50 - 61	Frescachón
8	62 - 74	Duro
9	75 - 88	Muy Duro
10	89 - 102	Temporal
11	103 - 117	Borrasca
12	>117	Huracán

Fuente: Dooley, 1985; citado en Hurtado, 2009.

Realizado por: Rojas, Cristhian, 2022.

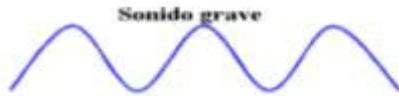
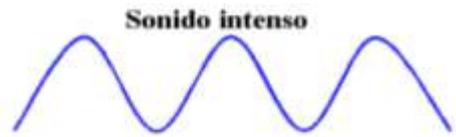
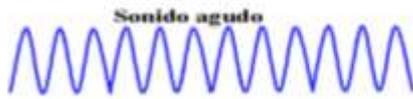
ANEXO C: CLASIFICACIÓN DE LA INTENSIDAD DE LLUVIA

Clasificación	Intensidad (mm/día)
Ligera	$\geq 1,50$ a $< 3,00$
Moderada	$\geq 3,00$ a $< 9,00$
Fuerte	$\geq 9,00$ a $< 36,00$
Intensa	$\geq 36,00$ a $< 180,00$
Extraordinaria	$\geq 180,00$

Fuente: SENAMHI, 2002; citado en Herrera y Valdivia, 2018.

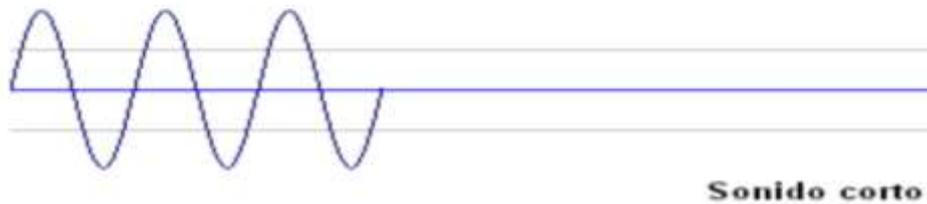
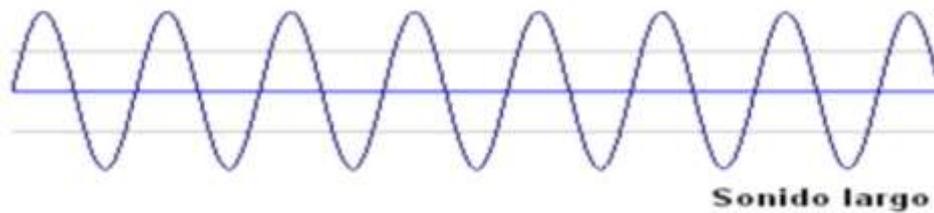
Realizado por: Rojas, Cristhian, 2022.

ANEXO D: ONDAS DE TONO O ALTURA DEL SONIDO



Fuente: Wikipedia, 2005; citado en Herrera, 2012.
Realizado por: Rojas, Cristhian, 2022.

ANEXO E: ONDAS DE DURACIÓN DEL SONIDO

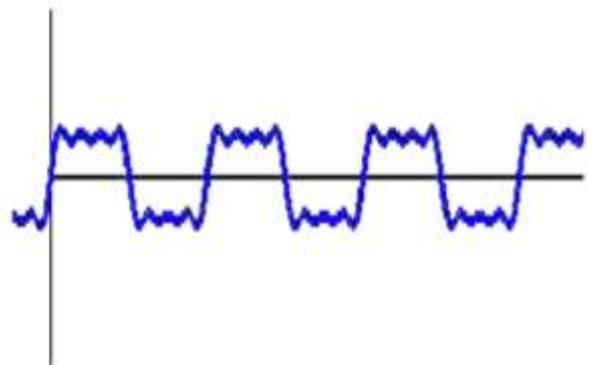


Fuente: Wikipedia, 2005; citado en Herrera, 2012.
Realizado por: Rojas, Cristhian, 2022.

ANEXO F: ONDAS DEL TIMBRE DEL SONIDO



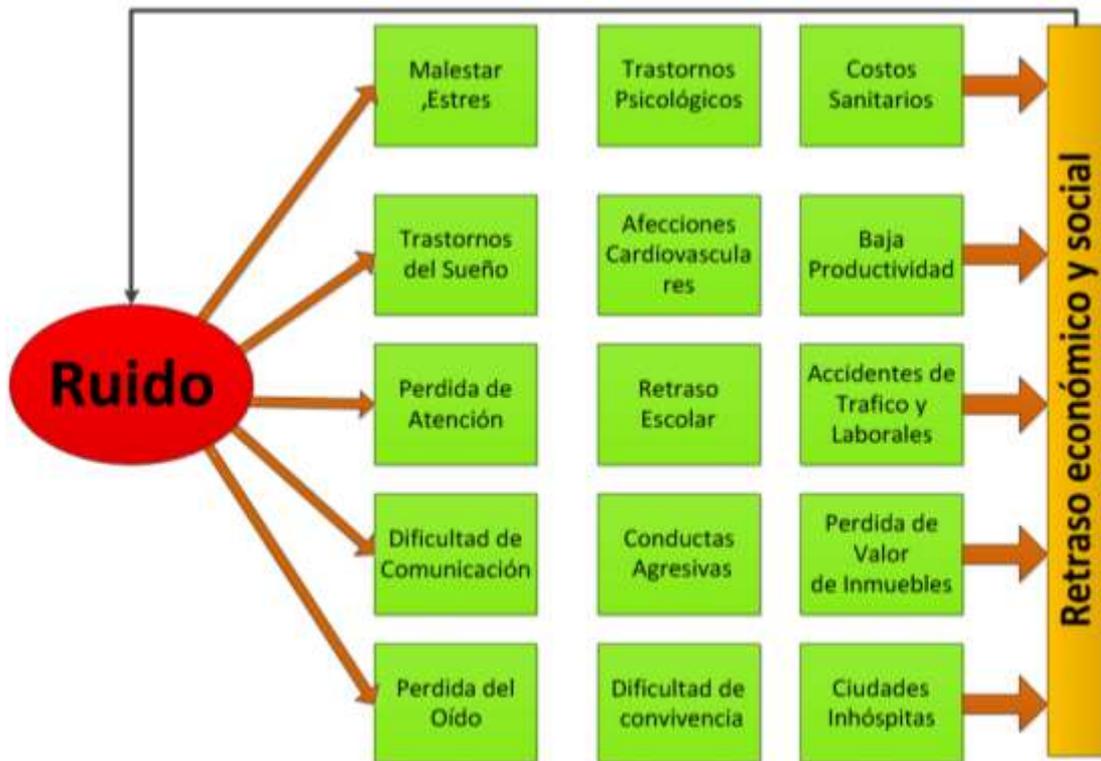
$$f(x) = \sin x + (\sin 2x)/2 + (\sin 3x)/3 + (\sin 4x)/4$$



$$f(x) = \sin x + (\sin 3x)/3 + (\sin 5x)/5 + (\sin 7x)/7$$

Fuente: Wikipedia, 2005; citado en Herrera, 2012.
Realizado por: Rojas, Cristhian, 2022.

ANEXO G: EFECTOS DEL RUIDO SOBRE LA SALUD DE LOS OPERARIOS



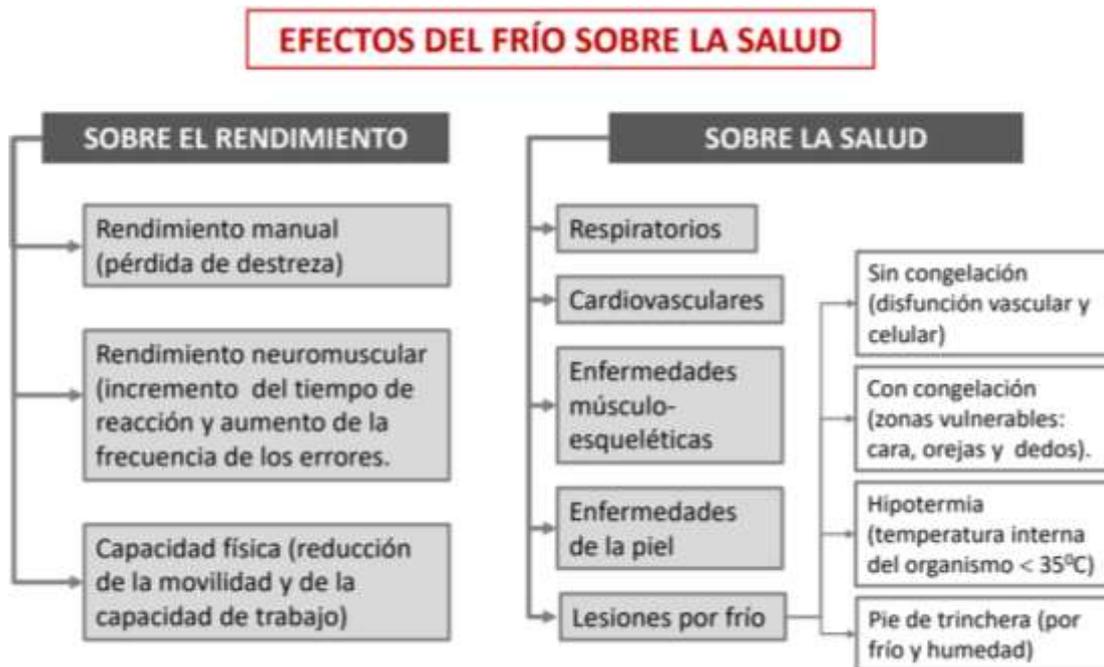
Fuente: Innatia, 2010; citado en Herrera, 2012.
Realizado por: Rojas, Cristhian, 2022.

ANEXO H: FACTORES DE RIESGO ASOCIADOS AL CALOR



Fuente: Ibáñez, 2019, p.10.
Realizado por: Rojas, Cristhian, 2022.

ANEXO I: EFECTOS DEL FRÍO SOBRE LA SALUD DE LAS PERSONAS



Fuente: Ibáñez, 2019, p.14.

Realizado por: Rojas, Cristhian, 2022.

ANEXO J: SISTEMA DEL CHIPEADO



Realizado por: Rojas, Cristhian, 2022.

ANEXO K: MOTOR NISSAN TURBO DE 220 HP A DIESEL UTILIZADO EN LA CHIPEADORA



Realizado por: Rojas, Cristhian, 2022.

ANEXO L: CHIPEADORA BANDIT INTIMIDATOR EN OPERACIÓN



Realizado por: Rojas, Cristhian, 2022.

ANEXO M: MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS DE LA CHIPEADORA



Realizado por: Rojas, Cristhian, 2022.

ANEXO N: TIPO DE MAQUINARIA QUE SE UTILIZA PARA EL PROCESO DE CHIPEADO: ¹RETROEXCAVADORA, ²TRINEUMÁTICO, ³GRÚA Y ⁴MANUAL



Realizado por: Rojas, Cristhian, 2022.

ANEXO O: TIPOS DE CHIPEADO: ¹AL PISO Y ²DIRECTO AL CAMIÓN



Realizado por: Rojas, Cristhian, 2022.

ANEXO P: RECOLECCIÓN DE MATERIA PRIMA MANUAL PARA EL PROCESO DE CHIPEADO



Realizado por: Rojas, Cristhian, 2022.

ANEXO Q: ABASTECIMIENTO DE COMBUSTIBLE A LA CHIPEADORA



Realizado por: Rojas, Cristhian, 2022.

ANEXO R: REPARACIÓN DE LA BANDA HIDRÁULICA DE LA CHIPEADORA



Realizado por: Rojas, Cristhian, 2022.

ANEXO S: CAMBIO DE LAS CUATRO CUCHILLAS DEL TABOR DE LA CHIPEADORA



Realizado por: Rojas, Cristhian, 2022.

ANEXO T: ARREGLO DEL CAMINO POR FUERTES LLUVIAS



Realizado por: Rojas, Cristhian, 2022.

ANEXO U: DESPLAZAMIENTO DE LA CHIPEADORA UTILIZANDO RETROEXCAVADORA (IZQUIERDA) Y TRACTOR (DERECHA)



Realizado por: Rojas, Cristhian, 2022.

ANEXO V: MEDICIÓN DEL VOLUMEN (M³) CHIPEADO (LARGO, ANCHO Y ALTURA) AL PISO



Realizado por: Rojas, Cristhian, 2022.

ANEXO W: MEDICIÓN DEL VOLUMEN (M³) SIN CHIPEAR (LARGO, ANCHO Y ALTURA) DE LA MATERIA PRIMA



Realizado por: Rojas, Cristhian, 2022

ANEXO X: DESPLAZAMIENTO DEL CAMIÓN VARADO POR LA TOPOGRAFÍA DEL LUGAR



Realizado por: Rojas, Cristhian, 2022.



epoch

Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 16 / 09 / 2022

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: CRISTHIAN PATRICIO ROJAS TIXE
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: RECURSOS NATURALES
Carrera: INGENIERA FORESTAL
Título a optar: INGENIERO FORESTAL
f. responsable: Ing. Cristhian Fernando Castillo Ruiz


Ing. Cristhian Fernando Castillo Ruiz



1771-DBRA-UTP-2022