



**Universidad
Técnica de
Cotopaxi**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA:

**DESARROLLO Y PRODUCCIÓN DE UN ACEITE BIODEGRADABLE
MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DEL ACEITE NATURAL DE PIÑÓN (*Jatropha
curcas*).**

Proyecto de investigación previo a la obtención del Título de Ingeniero en Electromecánica.

Autor:

Bryan Alexander Carrasco Viteri

Tutor:

Ph.D Yoandrys Morales Tamayo

LA MANÁ – ECUADOR

JULIO-2019



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo CARRASCO VITERI BRYAN ALEXANDER declaro ser autor del presente proyecto de investigación: DESARROLLO Y PRODUCCIÓN DE UN ACEITE BIODEGRADABLE MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DEL ACEITE NATURAL DE PIÑÓN (*Jatropha curcas*), siendo PHD. YOANDRYS MORALES TAMAYO tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.



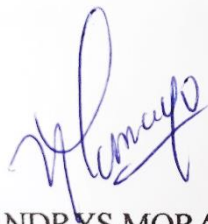
CARRASCO VITERI BRYAN ALEXANDER
C.I: 080281975-5

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“ DESARROLLO Y PRODUCCIÓN DE UN ACEITE BIODEGRADABLE MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DEL ACEITE NATURAL DE PIÑÓN (*Jatropha curcas*)”, de Carrasco Viteri Bryan Alexander, de la carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Honorable Consejo Académico de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

La Maná, julio, 2019



Ph.D YOANDRYS MORALES TAMAYO
C.I: 175695879-7

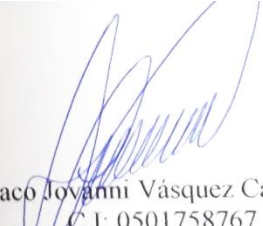

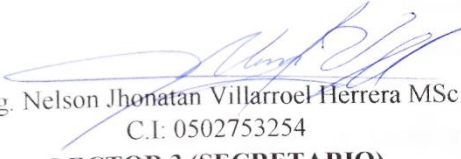
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, el postulante: CARRASCO VITERI BRYAN ALEXANDER con el título de Proyecto de Investigación: DESARROLLO Y PRODUCCIÓN DE UN ACEITE BIODEGRADABLE MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DEL ACEITE NATURAL DE PIÑÓN (*Jatropha curcas*), han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

La Maná, 12 julio 2019

Para constancia firman:

 Ing. Paco Jovanni Vásquez Carrera MSc C.I: 0501758767 LECTOR 1 (PRESIDENTE)	 Ing. William Armando Hidalgo Osorio MSc C.I: 0502657885 LECTOR 2
 Ing. Nelson Jhonatan Villarroel Herrera MSc C.I: 0502753254 LECTOR 3 (SECRETARIO)	



AGRADECIMIENTO

Agradecer primordialmente a Dios por darme salud y sabiduría, a mis padres por ser el eje y pilar esencial en todo mi proceso académico con su apoyo incondicional, a mis hermanos y sobrinas por sus consejos, a mi tutor por ayudarme en la formación personal entre otros docentes, a toda mi familia, amigos y al Dr. Néstor Gallegos que me supieron ayudar y guiar con cualquier problema en mi formación como profesional.

Alexander



DEDICATORIA

El presente proyecto va dedicado para Dios y mis padres Angelito y Rosita por estar a mi lado guiándome en cada paso que doy en el proceso de estudiante a profesional, para toda mi familia por jamás dudar de mis capacidades, esto es para ustedes.

ÍNDICE GENERAL

PORTADA.....	i
DECLARACIÓN DE AUTORIA.....	ii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN.....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
DEDICATORIA.....	vi
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. RESUMEN (DESCRIPCIÓN) DEL PROYECTO.....	2
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	2
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO.....	3
5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	3
6. OBJETIVOS.....	3
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	5
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTIFICO TÉCNICA	5
8.1. Teoría de la formación de viruta en el maquinado de metales	6
8.1.1. Modelo de corte ortogonal.....	6
8.1.2. Formación real de la viruta	6
8.1.3. Vida de las herramientas.....	7
8.1.4. Calidad superficial.....	9
8.1.5. Materiales para herramientas de corte.....	9
8.2. FLUIDOS DE CORTE.....	11
8.2.1. Aceites.....	12
8.2.2. Emulsiones	12
8.2.3. Aditivos	12
8.3. Aplicación de los fluidos de corte.....	14
8.3.1. Inundación	14
8.3.2. Niebla.....	14
8.3.3. Manual.....	14
8.4. Alternativas para el reemplazo de fluidos de corte contaminantes	15
8.4.1. Los aceites naturales como líquidos de corte de metales	15
8.5. Propiedades de los aceites naturales.....	15
8.5.1. Maquinado en seco.....	19
8.5.2. Enfriamiento criogénico	17

8.6.	Tipos de fluidos de corte.....	17
8.6.1.	Fluido de corte de base aceite	17
8.6.2.	Fluidos de corte de base acuosa	18
8.6.3.	Fluidos de corte sintéticos.....	18
8.6.4.	Fluidos semi-sintéticos	19
8.6.5.	Problemas ambientales de los fluidos de corte convencionales.....	19
8.6.6.	Cantidad mínima de lubricación (mql)	19
8.7.	Características botánicas del piñón	20
8.7.1.	Nombres comunes	20
8.7.2.	Descripción	20
8.7.3.	Manejo y composición química	21
8.7.4.	Ecología	22
8.7.5.	Silvicultura.....	22
8.8.	Procedimiento del fruto para obtener la semilla	22
8.8.1.	Usos y formas de extracción del aceite de piñón	23
8.8.2.	Extracción por centrifuga	23
8.8.3.	Prensa de expulsor.....	23
8.8.4.	Prensa hidráulica	24
8.8.5.	Presionado en frio.....	24
8.8.6.	Presionado en caliente	24
8.8.7.	Extracción por solventes.....	24
9.	VALIDACIÓN DE PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPOTESIS	24
10.	METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL	24
11.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	29
12.	IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES, O ECONÓMICOS).....	34
12.1.1.	Impacto técnico	34
12.1.2.	Impacto social	34
12.1.3.	Impacto ambiental	35
12.1.4.	Impacto económico	35
13.	PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO	35
14.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	37
15.	BIBLIOGRAFÍA.....	38

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Actividades y tareas.	5
Tabla 2: Propiedades de los materiales de las herramientas de corte.	10
Tabla 3: Propiedades de los aceites vegetales como lubricantes	16
Tabla 4: Características de la semilla de piñón.	20
Tabla 5: Variables Dependiente.....	28
Tabla 6: Variables Independientes.....	29
Tabla 7: Características físicas de la semilla.	29
Tabla 8: Análisis químico.....	31
Tabla 9: Análisis Físico.....	31
Tabla 10: Análisis del Perfil Lipídico.....	32
Tabla 11: Análisis de aceite de piñón en el laboratorio INIAP Portoviejo.	32
Tabla 12: Comparación de resultados de los dos laboratorios.	33
Tabla 13: Se indica que agentes emulsionantes se usaron para la producción del fluido de corte.....	34
Tabla 14: Análisis de biodegradabilidad.....	34
Tabla 15: Materiales utilizados.....	35
Tabla 16: Análisis realizados en cada uno de los laboratorios.	36
Tabla 17: Manufactura y gastos inesperados.....	36
Tabla 18: Sumatoria del total de cada gasto realizado.....	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Corte ortogonal: a) de forma tridimensional y b) reducción de dos dimensiones (vista lateral).....	6
Figura 2: Cuatro formas de origen de la viruta en los metales	7
Figura 3: Herramienta desgastada con sus principales variedades de desgaste.	8
Figura 4: Distribución de temperaturas.....	8
Figura 5: Patrones de la rugosidad alta, media y fina (microscopio óptico).....	9
Figura 6: Diagrama fuerza-temperatura para distintos materiales para herramientas de corte.....	10
Figura 7: Los aceites naturales como lubricantes.	13
Figura 8: Formas correctas de aplicación por medio de la inundación en el mecanizado (a) torneado, (b) fresado, (c) rectificado de roscas, y (d) taladrado.....	14
Figura 9: Piñón: a) Frutos tiernos, b) Fruto seco.	21
Figura 10: Relación del problema causa-efecto.	27
Figura 11: Trituración de la semilla de piñón.	30
Figura 12: Extracción de aceite por medio de prensa hidráulica manual.	30

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS

TITULO: “DESARROLLO Y PRODUCCIÓN DE UN ACEITE BIODEGRADABLE MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DEL ACEITE NATURAL DE PIÑÓN (*Jatropha curcas*).”

Autor:

Carrasco Viteri Bryan Alexander

RESUMEN

Las taladrinas son fluidos de corte con base acuosa utilizados en el sector industrial en operaciones de corte y mecanizado metálico para refrigerar y lubricar estas sustancias están agregadas como compuestos cloro, azufre, fósforo, biosidas, y anticorrosivos que provocan serios problemas medio ambientales, consecuencias negativas en la salud ocupacional provocando irritaciones en la piel y problemas respiratorios. En el presente proyecto se pretende desarrollar una alternativa amigable con el ambiente y con los operarios como base fundamental el aceite de piñón. La semilla de piñón fue triturada para facilitar el proceso de prensado hidráulico obteniendo así el aceite de piñón en crudo, el aceite fue filtrado y agregado antioxidante para evita subir los niveles de acidez. A su vez el aceite fue analizado para comprender sus propiedades físico-químicas en donde se evaluó los principales parámetros en dos laboratorios arrojando como más importante: Laboratorio 1 INIAP Portoviejo: Índice de Acidez 4,96 Mg KOH/aceite, Índice de peróxidos 0.99 Meq de peróxido/kg muestra, Índice de iodo 127,2 gI/100g, Índice de saponificación 180,45 Mg KOH/g aceite, Densidad relativa 0,915 g/cm³, Viscosidad cinemática a 40 °C 30,20 cp. Laboratorio 2 Química Labs: Índice de peróxidos 2,51 Meq 02 peroxidos/kg, Perdida por calentamiento 0,04%, Índice de rancidez Negativo, Índice de refracción 1,47 η, Índice de iodo 109, 7 5 gI₂/100g, Acidez libre 41,95%, Índice de saponificación 172,29 mgKOH/gmuestra, Titulo 21-22 °C, Color Amarillo pardo, Viscosidad cinemática 58,9 cp, Punto de humo 58,9 °C, Punto frio -8.8 °C, Punto de inflamación 345 °C, Temperatura 23 °C, Densidad relativa 0.93 g/cc, Ácido Palmítico 16,41, Ácido Oleico 28,27%, Acido Linoleico 50.95, con los datos obtenidos en el análisis se procedió a crear una emulsión probando con agentes emulsionantes como el nonil 6 M, tween 80, jabón líquido, también se usó agua de chorro y destilada, el fluido no tiene niveles de toxicidad por su composición natural. El punto de inflamabilidad no está presente en el fluido porque el contenido de agua destilada es del 40%. Una vez que se obtuvo el fluido se procedió a realizar el análisis para determinar la biodegradabilidad del fluido de corte logrado por medio de la emulsión.

Palabras clave: Taladrinas, Fluido de corte, corte, mecanizado, biodegradable.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

TITLE: "DEVELOPMENT AND PRODUCTION OF A BIODEGRADABLE OIL THROUGH THE USE OF THE NATURAL OIL OF PIÑÓN (*Jatropha curcas*)."

Author:

Carrasco Viteri Bryan Alexander

SUMMARY

The “taladras” are water-based cutting fluids used in the industrial sector in operations of cutting and metal machining to refrigerate and lubricate these substances are added as chlorine, sulfur, phosphorus, biocide, and anticorrosive compounds that cause serious environmental problems, negative consequences in occupational health causing skin irritations and respiratory problems. The aim of this project is to develop a friendly alternative to the environment and to the operators as a fundamental basis for pinion oil. The pinion seed was crushed to facilitate the hydraulic pressing process, thus obtaining the raw pinion oil, the oil was filtered and added antioxidant to avoid raising the levels of acidity. In turn, the oil was analyzed to understand its physical-chemical properties where the main parameters were evaluated in two laboratories, such as: Laboratory 1 INIAP Portoviejo: Acidity Index 4.96 Mg KOH / oil, Peroxide value 0.99 Meq peroxide / kg sample, Iodine index 127.2 gI / 100g, Saponification index 180.45 Mg KOH / g oil, Relative density 0.915 g / cm³, Kinematic viscosity at 40 °C 30.20 cp. Laboratory 2 Chemistry Labs: Peroxide Index 2.51 Meq 02 peroxides / kg, Lost by heating 0.04%, Negative rancidity index, Refractive index 1.47 η , Iodine index 109, 7 5 gI₂ / 100g, Acidity free 41.95%, Saponification index 172.29 mgKOH / g sample, Title 21-22 °C, Color Yellow brown, Kinematic viscosity 58.9 cp, Smoke point 58.9 °C, Cold spot -8.8 °C, Flash point 345 °C, Temperature 23 °C, Relative density 0.93 g / cc, Palmitic acid 16.41, Oleic acid 28.27%, Linoleic acid 50.95, with the data obtained in the analysis we proceeded to create an emulsion by testing with emulsifying agents such as nonil 6 M, tween 80, liquid soap, jet water and distilled water were also used, the fluid does not have toxicity levels due to its natural composition. The flash point is not present in the fluid because the content of distilled water is 40%. Once the fluid was obtained, the analysis was carried out to determine the biodegradability of the cutting fluid achieved by means of the emulsion.

Keywords: Taladras, cutting fluid, cutting, machining, biodegradable.

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

Desarrollo y producción de un aceite biodegradable mediante la utilización del aceite natural de Piñón (*Jatropha curcas*).

Fecha de inicio: 8 de octubre 2018

Fecha de Finalización: 18 de julio 2019

Lugar de ejecución:

Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná

Unidad Académica que auspicia:

Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

Carrera que auspicia:

Ingeniería Electromecánica

Proyecto de investigación vinculado:

Desarrollo y producción de un fluido de corte para el mecanizado de metales obtenido mediante la utilización del aceite de piñón (*Jatropha curcas*).

Equipo de Trabajo:

Tutor de Titulación:

Apellidos y Nombres: Ph.D. Morales Tamayo Yoandrys

Cédula: 175695879-7

Correo: yoandrys.morales@utc.edu.ec

Teléfono: 0995493006

Estudiante:

Apellidos y Nombres: Carrasco Viteri Bryan Alexander

Cédula: 080281975-5

Correo: bryanccarrasco@gmail.com

Teléfono: 0999224202

Área de Conocimiento:

UNESCO: Ingeniería, Industria y Construcción.

Ingeniería y profesiones afines, mecánica, ingeniería energética y química

Línea de investigación:

Procesos industriales.

Sub líneas de investigación:

Diseño, Construcción y Mantenimiento de Elementos, Prototipos y Sistemas Electromecánicos.

2. RESUMEN (DESCRIPCIÓN) DEL PROYECTO

El uso de los fluidos de corte en los procesos de mecanizado puede reducir la temperatura de corte proporcionando una lubricación a la herramienta de corte y la pieza de trabajo. Esto se traduce en una mayor duración de vida útil de las herramientas y una mejor calidad de la superficie mecanizada. Esta investigación propone la obtención de un fluido de corte biodegradable para eliminar los problemas que provocan en el medio ambiente, en la salud de los que realizan trabajos de mecanizado y en los costos de fabricación. Este fluido de corte estará constituido fundamentalmente por aceite de piñón (*Jatropha curcas*) extraído mediante dos máquinas (trituradora y prensa hidráulica). El compuesto será evaluado para analizar sus propiedades físico-químicas, también se procedió a elaborar una emulsión con aditivos que ayuden a la homogenización de agua-aceite, del fluido de corte obtenido se procederá a realizar su respectivo análisis biodegradable esto se usara en los procesos de mecanizados. El cultivo de piñón se utiliza como barrera natural en la agricultura con esta investigación se brindaría valor agregado a este cultivo.

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

El corte de metales, y específicamente del acero, usando taladras, constituye un proceso industrial importante utilizado en la mayoría de los países económicamente desarrollados en todo tipo de industrias manufactureras. La lubricación típica utilizada en el mecanizado regularmente es no focalizada y con exceso de taladrina, que acorta la vida útil de las herramientas de corte, existiendo así gastos innecesarios y por ende un aumento en los costos de producción (Hernández, Pérez & Zambrano, 2013).

En los últimos años, investigaciones han sido dirigidas con el objetivo de buscar una alternativa que reduzcan la utilización de los fluidos de corte. La aplicación de estos fluidos convencionales ocasiona problemas medio ambientales y en la salud de los operarios que manipulan el fluido. Además por cuestiones económicas debido a que los costos de fabricación se elevan notablemente. Por ende, los fluidos convencionales pueden ser reemplazados por otras tecnologías como el mecanizado en seco, mínimas cantidades de lubricación, enfriamiento criogénico, aceites biodegradables naturales como una alternativa inocua para el medio ambiente y económicamente rentable (Liu & Wang, 2009).

4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Directos: Él autor del proyecto de Investigación.

Los estudiantes que realicen prácticas de mecanizado de la Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná de la carrera de Ingeniería Electromecánica, con un total de 245.

Indirectos: Operarios que realizan trabajo de mecanizado en el Cantón La Maná, Provincia de Cotopaxi.

5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Las taladrinas son fluidos de corte con base acuosa utilizados en el sector industrial en operaciones de corte y mecanizado metálico para refrigerar y lubricar estas sustancias están agregadas como compuestos biosidas, antioxidantes y anticorrosivos que provocan serios problemas medio ambientales, consecuencias negativas en la salud ocupacional provocando irritaciones en la piel y problemas respiratorios. Regularmente no se puede determinar una relación causa-efecto directa y única por la exposición de los trabajadores a estas sustancias químicas debido a que estos contaminantes están ligados a otros que se encuentran en el entorno.

En la actualidad la lubricación típica en las industrias manufactureras es no focalizada y con exceso de taladrinas, lo que acorta la vida útil de las herramientas de corte, existiendo así gastos innecesarios y un aumento en los costos de producción con un aproximado del 17 % del costo total de la pieza (Klocke & Eisenblatter).

6. OBJETIVOS

Objetivo General

- Obtener un fluido de corte biodegradable mediante la utilización del aceite natural de piñón como componente fundamental.

Objetivos Específicos

- Realizar el análisis bibliográfico sobre las principales investigaciones para la obtención de aceites naturales.

- Extraer el aceite natural mediante la utilización de máquinas y equipos desarrollados en la investigación.
- Analizar las propiedades físico-químicas del aceite de piñón.
- Desarrollar fluidos de corte mediante la mezcla del aceite natural con otras sustancias (agua, cetonas, emulsionantes, etc) comprobando su biodegradabilidad.

7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 1: Actividades y tareas.

Objetivo específico 1	Actividad (tareas)	Resultado de la actividad	Medio de verificación
*Realizar el análisis bibliográfico sobre las principales investigaciones para la obtención de aceites naturales.	*Búsqueda de información en artículos científicos, tesis y libros.	*Información sobre el mecanizado, tipos de fluidos, composición de las taladrinas, caracterización de la semilla (<i>Jatropha curcas</i>) etc.	*Marco Teórico
Objetivo específico 2	Actividad (tareas)	Resultado de la actividad	Medio de verificación
*Extraer el aceite natural mediante la utilización de máquinas y equipos desarrollados en la investigación.	*Utilización de las máquinas para la extracción del aceite. *Filtrado y almacenado del aceite en lugar seco y con poca luz. *Separación de la torta del aceite. *Añadir antioxidante TBQ.	*Volumen de aceite. *Aceite crudo libre de partículas de la semilla. *Utilización de la torta como abono orgánico para plantas. *Conservación del aceite.	*Cantidad de aceite. *Cambio de color del aceite en crudo (color marrón) al aceite refinado (color pardo). *Almacenamiento del aceite en recipientes plásticos.
Objetivo específico 3	Actividad (tareas)	Resultado de la actividad	Medio de verificación
*Analizar las propiedades físico-químicas del aceite de piñón.	*Determinar y caracterizar la composición química del fluido de corte obtenido a partir del aceite de piñón. *Preparación de la muestra. *Calibración de los instrumentos de medición. *Envío de muestras para el análisis del aceite como: Peróxidos, pérdida por calentamiento, índice de rancidez, índice de refracción, índice de yodo, acidez libre, densidad relativa, índice de saponificación, título, perfil lipídico, viscosidad, punto de humo, prueba de frío, punto de inflamación, temperatura.	*Valores reales de la composición química, viscosidad, densidad y volumen del fluido. *Equipo en óptimas condiciones de funcionamiento. *Matriz de resultado de la evaluación del análisis físico-químico.	*Valores de los ensayos realizados. *Comparación de resultados, laboratorio INIAP y QUIMICA LAB S.A.
Objetivo específico 4	Actividad (tareas)	Resultado de la actividad	Medio de verificación
*Desarrollar fluidos de corte mediante la mezcla del aceite natural con otras sustancias (agua, cetonas, emulsionantes, etc) comprobando su biodegradabilidad.	*Desarrollar una emulsión con los componentes Nonil 6M, Tween 80, jabón líquido, agua de chorro y destilada. Envío de muestras al laboratorio Química Labs para examinar la biodegradabilidad del fluido obtenido.	*Tablas que permiten el análisis y discusión de los ensayos desarrollados.	*Emulsión. *Análisis y resultados de la biodegradabilidad del fluido.

Fuente: Elaboración propia

8. FUNDAMENTACIÓN CIENTIFICO TÉCNICA

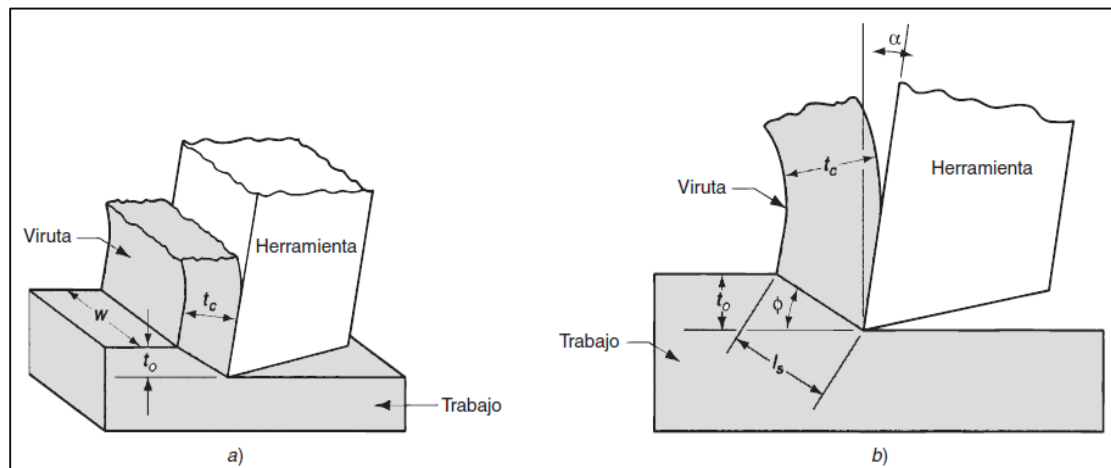
8.1 Teoría de la formación de viruta en el maquinado de metales

Está constituido por procedimientos de maquinado práctico con un nivel alto de complejidad, existe un modelo reducido del maquinado que suprime muchas complicaciones geométricas de esta forma se escribe la mecánica con ciclos precisos también se la conoce con el nombre de corte ortogonal este tipo de corte consta de dos funciones dimensionales (Groover, 2007).

8.1.1 Modelo de corte ortogonal

El corte ortogonal esta descrito como una herramienta en forma de cuña donde el corte cortante es perpendicular a la dirección de la velocidad de corte. Cuando la herramienta tiene un rozamiento con el material se forma la viruta en el plano de corte consecuentemente está formado por un ángulo en la superficie por otra parte, la formación de la viruta se da cuando el material llega a un punto plástico (Groover, 2007).

Figura 1: Corte ortogonal: a) de forma tridimensional y b) reducción de dos dimensiones (vista lateral).



Fuente: (Groover, 2007)

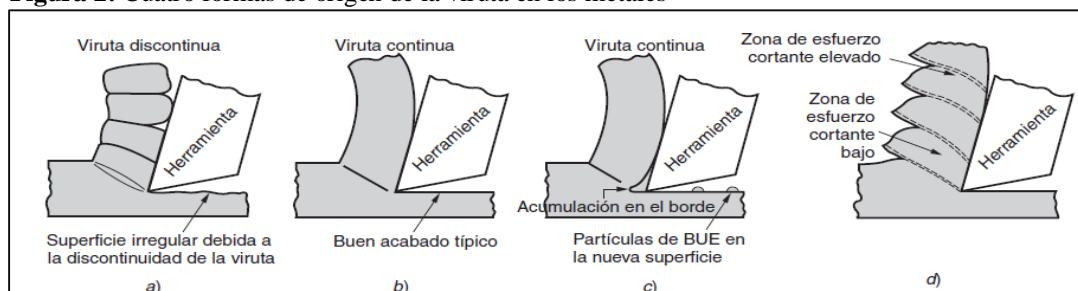
8.1.2 Formación real de la viruta

Hay que tener en cuenta las diferencias entre el modelo ortogonal y el maquinado real que son las siguientes (Groover, 2007):

- El proceso de deformación cortante no sucede a lo largo del plano, pero si dentro de una zona entonces si el corte es realizado en un plano el espesor es cero esto involucra la acción de corte debe ser a través de un plano en lugar de hacerlo en un periodo breve.

- La deformación que ocurre en la zona de corte, se presenta una nueva acción de corte en la viruta luego de que esta sea formada este corte adicional es conocido como corte secundario para que así sea diferenciado del primario.
- La formación de la viruta va a depender del tipo de material que se va a maquinar y las condiciones existentes del corte operacional existen cuatro tipos de principales de viruta:
- **Viruta discontinua** cuando se maquina por lo general materiales frágiles como por ejemplo el hierro fundido en bajas velocidades de corte la viruta tiende a generar segmentos discontinuos.
- **Viruta continua** cuando se maquinan materiales dúctiles a velocidades altas con avances y profundidades mínimas, de esta manera se forman virutas largas y continuas.
- **Viruta dentada** estas virutas son semicontinuas pero tienen una apariencia de sierra que se origina por una formación cíclica de viruta de alta resistencia al corte seguida de baja resistencia al corte, este corte es difícil de maquinar de lo realiza en aleaciones de níquel y aceros inoxidables.

Figura 2: Cuatro formas de origen de la viruta en los metales

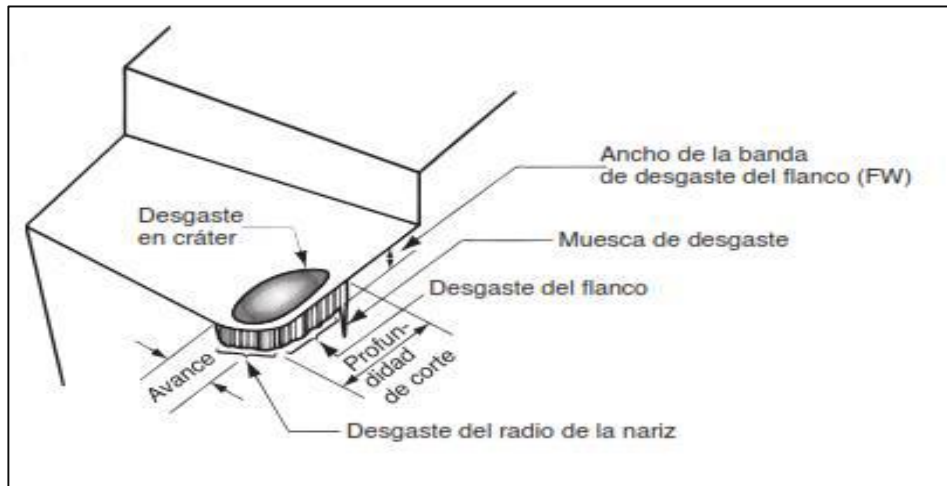


Fuente: (Groover, 2007)

8.1.3 Vida de las herramientas

El desgaste sucede en dos lugares principales de la herramienta: en la parte superior de la superficie de inclinación y en el flanco por lo tanto se puede diferenciar estos dos tipos de desgaste de la herramienta: desgaste de cráter y desgaste de flanco. En los trabajos realizados en mecanizado con herramientas de corte, estas están expuestas a condiciones extremas de temperatura, esfuerzos mecánicos, fricción, etc. En varias circunstancias existen durezas y temperaturas muy elevadas originadas en el rozamiento herramienta-material. Cuando una pieza es mecanizada existe cierto grado de fatiga en el material de la herramienta, tomando en cuenta que la dureza del material es constante durante todo el proceso. (Guarnido, 2015).

Figura 3: Herramienta desgastada con sus principales variedades de desgaste.

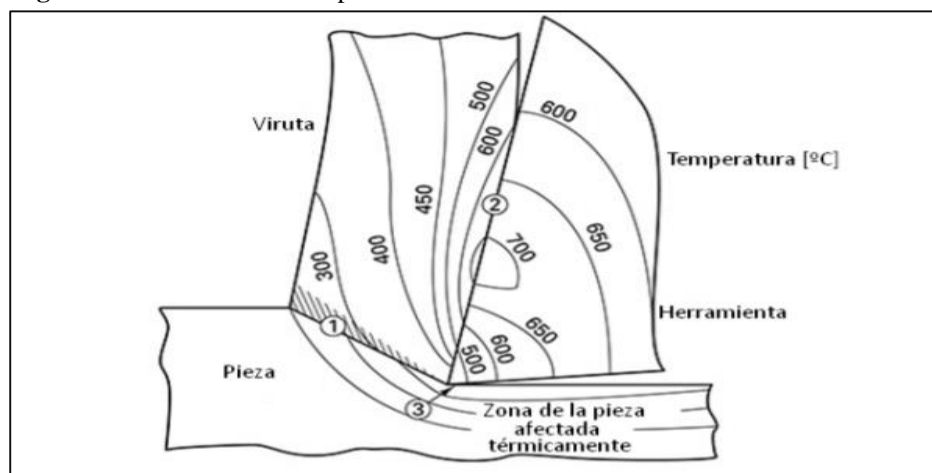


Fuente: (Groover, 2007)

Existen tres fallas en una herramienta en el maquinado:

- **Falla por fractura** sucede cuando una fuerza de corte no apropiada al material de la herramienta, por la geometría no adecuada cuando se produce el corte, es producida por impactos por el corte discontinuo (Guarnido, 2015).
- **Falla por temperatura** ocurre cuando la temperatura es extremadamente alta para el material lo que genera un ablandamiento y por ende pierda su forma geométrica por lo que cambia algunos elementos como: ángulos de incidencia, desprendimiento, radio de punta, esto hace que la pieza adquiera un acabado indeseable. Además, la temperatura en la herramienta no es homogénea en toda la piza si no en la zona donde se genera la fricción, por lo que produce un gradiente de temperatura en toda la herramienta (Guarnido, 2015).

Figura 4: Distribución de temperaturas.



Fuente: (Guarnido, 2015)

- **Desgaste gradual** causa pérdida de forma de la herramienta, reduce la eficacia de corte, la herramienta tiende a degenerarse muy rápido por el desgaste acelerado (Groover, 2007).

8.1.4 Calidad superficial

Para la obtención de la rugosidad se la realiza con un rugosímetro que es el encargado de inspeccionar la superficie de dicho material además el patrón de movimiento se lo puede conocer como rugosidad superficial ideal esto debido a los efectos microresiduales, la rugosidad natural es mayor que la ideal según se aproxime a la velocidad de corte y esta velocidad vaya aumentando la misma que puede alternar por las irregularidades existentes en el corte. La rugosidad que se encuentra en el material o la pieza que se maquine dejara una huella de tipo angular o también conocida de tipo circular (Estrems, 2007).

8.1.5 Materiales para herramientas de corte

Para determinar una elección de los materiales para usar herramientas ya que la misma trabaja a temperaturas muy elevadas de corte en si es uno de los factores que tiene importancia a la hora de realizar el maquinado como lo es la selección de material por moldes y matrices. En efecto el material para herramienta debe tener las siguientes especificaciones (Kalpakjian & Schmid, 2008).

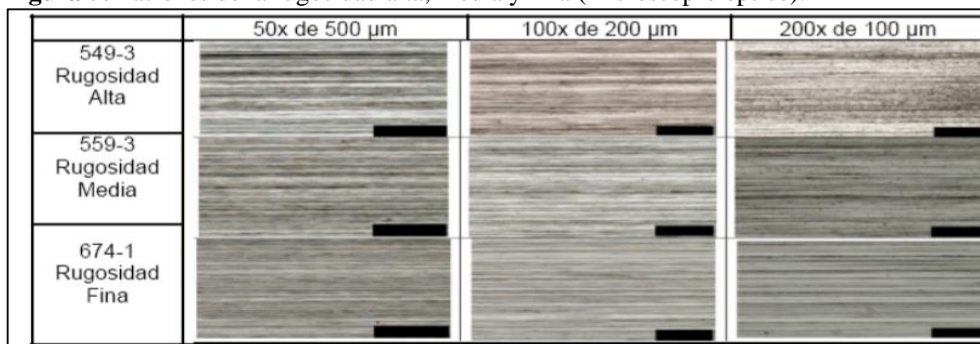
Los patrones poseen las siguientes características (Alves, Ferreira & Leta, 2010):

1-Rugosidad Fina (674-1 - $R_a=0,178\mu\text{m}$, $R_z=1,52\mu\text{m}$, $R_{\text{max}}=1,81\mu\text{m}$, $\lambda_c=0,8\text{mm}$).

2-Rugosidad Media (559-2) - $R_a=0,61\mu\text{m}$, $R_z=3,35\mu\text{m}$, $R_{\text{max}}=4,05\mu\text{m}$, $\lambda_c=0,8\text{mm}$.

3-Rugosidad Alta – 549-3 $R_a=1,77\mu\text{m}$, $R_z=8,9\mu\text{m}$, $R_{\text{max}}=10,2\mu\text{m}$, $\lambda_c=0,8\text{mm}$.

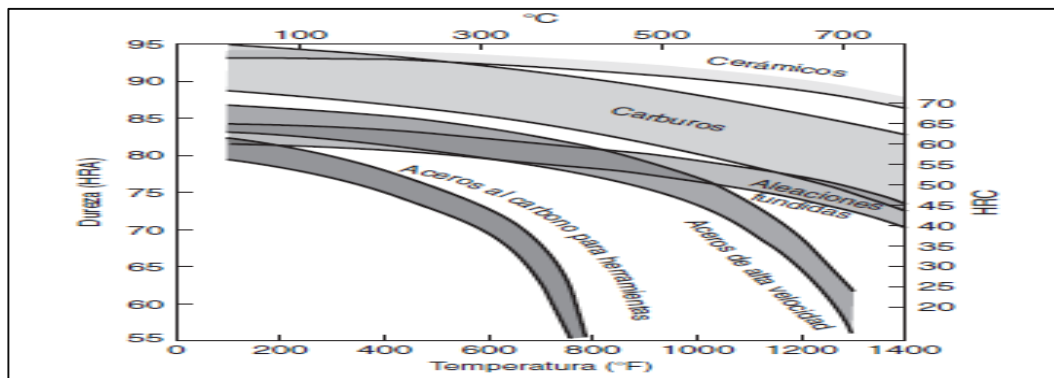
Figura 5: Patrones de la rugosidad alta, media y fina (microscopio óptico).



Fuente: (Alves, Ferreira & Leta, 2010).

- **Dureza en caliente:** para conservar la dureza, resistencia y resistencia al desgaste de la herramienta a las temperaturas en operaciones de maquinado de esta manera se asegurará a que la herramienta no tenga una deformación plástica (Kalpakjian & Schmid, 2008).

Figura 6: Diagrama fuerza-temperatura para distintos materiales para herramientas de corte.



Fuente: (Kalpakjian & Schmid, 2008).

- **Tenacidad y resistencia al impacto:** para las fuerzas de impacto sobre las herramientas que son repetitivas en la operación de corte interrumpido específicamente ayuda a que la herramienta no se fracture (Kalpakjian & Schmid, 2008).
- **Resistencia al impacto térmico:** tiene la función de resistir ciclos rápidos de temperatura originados en el corte interrumpido (Kalpakjian & Schmid, 2008).
- **Resistencia al desgaste:** se obtiene la vida útil de la herramienta antes de que sea sustituida (Kalpakjian & Schmid, 2008).
- **Estabilidad química y neutralidad:** para evitar cualquier reacción adversa, adhesión y difusión en la herramienta-viruta que formaría un desgaste en la herramienta (Kalpakjian & Schmid, 2008).

En la siguiente tabla se observa las características de los materiales para herramientas de maquinado.

Tabla 2: Propiedades de los materiales de las herramientas de corte.

Propiedad	Aceros de alta velocidad	Aleaciones de cobalto fundido	Carburos		Cerámicos	Nitruro de boro cúbico	Diamante monocristalino *
			WC	TiC			
Dureza	83-86 HRA	82-84 HRA 46-62 HRC	90-95 HRA 1800-2400 HK	91-93 HRA 1800-3200 HK	91-95 HRA 2000-3000 HK	4000-5000 HK	7000-8000 HK
Resistencia a la compresión, MPa	4100-4500	1500-2300	4100-5850	3100-3850	2750-4500	6900	6900
Resistencia a la ruptura transversal, MPa	600-650	220-335	600-850	450-560	400-650	1000	1000
Resistencia al impacto, J	2400-4800	1380-2050	1050-2600	1380-1900	345-950	700	1350
Módulo de elasticidad, GPa	350-700	200-300	150-375	200-275	50-135	105	200
Densidad, kg/m³	1.35-8	0.34-1.25	0.34-1.35	0.79-1.24	<0.1	<0.5	<0.2
Temperatura de fusión o de descomposición, °C	12-70	3-11	3-12	7-11	<1	<5	<2
Volumen de fase dura, %	200	—	520-690	310-450	310-410	850	820-1050
Temperatura de fusión o de descomposición, °F	30	—	75-100	45-65	45-60	125	120-150
Conductividad térmica, W/m K	8600	8000-8700	10,000-15,000	5500-5800	4000-4500	3500	3500
Coefficiente de expansión térmica, × 10 ⁻⁵ /°C	0.31	0.29-0.31	0.36-0.54	0.2-0.22	0.14-0.16	0.13	0.13
	7-15	10-20	70-90	—	100	95	95
	1300	—	1400	1400	2000	1300	700
	2370	—	2550	2550	3600	2400	1300
	30-50	—	42-125	17	29	13	500-2000
	12	—	4-6.5	7.5-9	6-8.5	4.8	1.5-4.8

Fuente: (Kalpakjian, Schmid, 2008)

8.2 FLUIDOS DE CORTE

Un fluido de corte es un líquido o gas que se utiliza para la aplicación directa en el maquinado para mejorar el desempeño de corte. Existen dos tipos de problemas muy comunes que atienden los fluidos de corte: la generación de calor en las zonas de corte y fricción y fricción en las interfaces herramienta viruta y herramienta-trabajo por otra parte sus beneficios son: lavado de virutas, reducción de la temperatura de la herramienta de trabajo, reducir las fuerzas de corte y mejorar el acabado superficial (Groover, 2007).

Los fluidos de corte tienen funciones muy importantes:

- Refrigerar para reducir las altas temperaturas de corte permitir y poder trabajar a altas velocidades impidiendo los inconvenientes del aumento de temperatura que lleva consigo (Estrems, 2007).
- Lubricación poniéndose en medio entre la viruta y la herramienta para reducir así las fuerzas de fricción que se originan en el contacto y evitando el crecimiento de filo (Estrems, 2007).
- Minimiza la fricción y el desgaste, ayudando a optimizar la vida del instrumento mecanizado y el acabado de superficie que está siendo trabajada. (Kalpakjian & Schmid, 2008)
- Enfriar en la zona que ocurre la fricción ocasionada por el contacto, mejorando así la vida útil de la herramienta y la distorsión de la temperatura del instrumento de trabajo. (Kalpakjian & Schmid, 2008)
- Reducir fuerzas extremas y el consumo energético. (Kalpakjian & Schmid, 2008)
- Retirar la viruta que se produce por el contacto de la cuchilla y la pieza evitando que interrumpan el proceso de mecanizado. (Kalpakjian & Schmid, 2008)
- Preservar la herramienta de la corrosión ambiental y cuidar la superficie. (Kalpakjian & Schmid, 2008)

De forma que al principio se usaba en operaciones de taladrado donde hay partes de filo se usa velocidades muy bajas y por lo tanto es susceptible a originar un filo recrecido, a estos fluidos de corte se los suele llamar taladrinas. La forma en que los fluidos de corte se interponen entre la viruta y la herramienta es el de la capilaridad, por lo que dichos fluidos necesitan cumplir dos características: 1 tener muy baja tensión superficial, 2 peso moleculares muy bajos (Estrems, 2007).

Las lubricantes tienen cierta composición química están formadas por reactivos que se unen a la superficie que lubrican, así reducen la adhesión de viruta-herramienta facilitando el desplazamiento.

Uno de los problemas que genera las taladrinas es su toxicidad la misma que debe ser estrictamente controlado por reglas medioambientales (Estrems, 2007).

La utilización principal de las taladrinas es como refrigerante hoy en día existe maquinaria automática donde se puede aplicar dicho fluido en alta presión en el área de contacto sin la restricción de que existan salpicaduras (Estrems, 2007).

8.2.1 Aceites

Son principalmente derivados del petróleo, de origen animal, marino vegetal son usados debido a su gran abundancia y características deseables para lograr un buen rendimiento de este tipo de aceite se lo integra en un mismo fluido o a su vez se puede mezclar con ciertos compuestos químicos así logrando una máxima capacidad de lubricación, estos aditivos contienen azufre, cloro o fosforo y se diseñan para reaccionar de forma química en el área de corte y las virutas ayudando a evitar el unión metal y metal (Groover, 2007).

8.2.2 Emulsiones

Son fluidos que forman suspensiones de gotas de aceite en agua, la obtención de este fluido se logra con la mezcla del aceite mineral en agua usando un agente emulsificante para remover la mezcla y estabilidad de emulsión la relación existente entre agua-aceite es de 30:1, también se utilizan aditivos químicos compuestos de azufre, cloro y fosforo para generar una excelente lubricación. Los aceites emulsificantes intercambian características de lubricación y refrigeración en un fluido de corte. El líquido base lleva un 60%, aproximadamente un 10% de emulgentes, y un 40 de agua, la mezcla después es homogenizada gracias al emulsionante. (Groover, 2007).

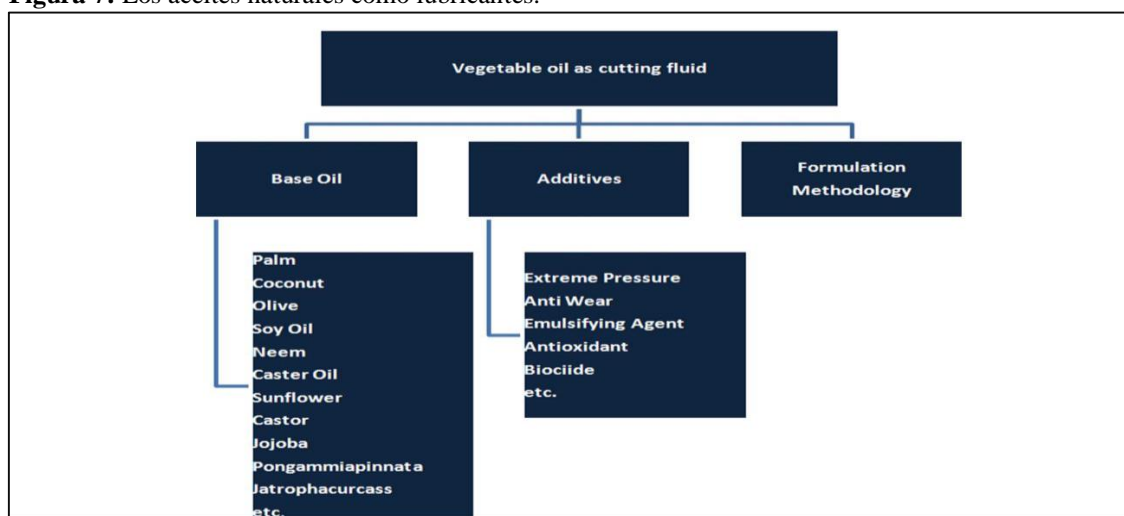
8.2.3 Aditivos

El aceite natural sin ningún aditivo no se puede utilizar para las operaciones de mecanizado porque necesita de varias variables de lubricación, el mejor rendimiento del lubricante se logra con la correcta adición de aditivos, los aditivos afectan significativamente las propiedades de las películas lubricantes (tribofilm) esta protección de superficies film se produce entre las superficies del acoplamiento por cambios que se encuentran en las superficies ocasionado por los aditivos. La mayor parte de aditivos que son utilizados contienen una base de azufre, zinc o fosforo. (Sounak, Choudhury & Muhammad, 2018).

Se mencionan a continuación algunos aditivos:

- Aditivos anti-desgaste (AW)
- Aditivos de extrema presión (EP)
- Los antioxidantes (AO)
- Agentes emulsionantes (EA)
- Biosidas

Figura 7: Los aceites naturales como lubricantes.



Fuente: (Sounak, Choudhury & Muhammad, 2018).

Un protector molecular de las películas es originado por aditivos **AW** que se acopla a las superficies donde se produce la fricción en contacto, la absorción puede ser química o física un ejemplo de los aditivos son ditiofosfato de dialquilo de zinc (ZDDP), ester de palma metílico de aceite (PME) dichos aditivos están encargados de formar las capas moleculares. Los lubricantes de extrema presión (**EP**) aditivos que son por capas de sulfuros, cloruros y fosfatos de hierro que son obtenidos mediante reacciones triboquímico, su función principal es proteger las superficies de acoplamiento en condiciones de extrema presión Por otra parte estos aditivos también son emulsionantes (**EA**) es decir que pueden ser mezclados con emulsiones naturales estables de aceite en agua, tetraoleato de sorbitán (Sounak, Choudhury & Muhammad, 2018).

Los biosidas y los agentes anticorrosivos se deben agregar como aditivo de acuerdo a la necesidad un claro ejemplo es la etanolamina como agente anticorrosivo ya que también tiene la función de estabilizar la emulsión, por lo general un biosida pertenece a la familia derivada de triazina por lo tanto están encargados de limitar el crecimiento de bacterias y hongos en el aceite vegetal (Sounak, Choudhury & Muhammad, 2018).

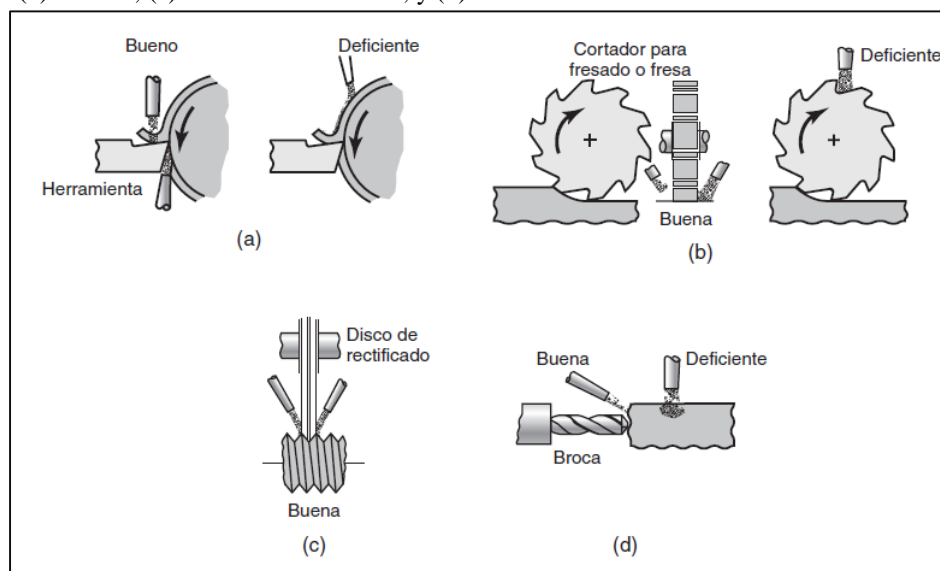
8.3 Aplicación de los fluidos de corte

Los fluidos de corte son aplicados en la zona donde se produce la mayor cantidad de fricción entre el material y la herramienta existen varios métodos de aplicación.

8.3.1 Inundación

Es el más frecuente debido a que se usa fluidos de enfriamiento de tal forma que se produce con una corriente de fluido constante dirigido al lugar donde exista el contacto de corte. (Groover, 2007).

Figura 8: Formas correctas de aplicación por medio de la inundación en el mecanizado (a) torneado, (b) fresado, (c) rectificado de roscas, y (d) taladrado.



Fuente: (Kalpakjian & Schmid, 2008)

8.3.2 Niebla

Es utilizado principalmente por los fluidos de base acuosa (agua) la forma de aplicación de dicho método es generando alta velocidad por una corriente de aire presurizado, este tipo de método no suele ser tan práctico ya que se usa para áreas de poco acceso por la inundación convencional (Groover, 2007).

8.3.3 Manual

Este método es realizado de forma artesanal por medio de una aceitera o brocha en operaciones de rosca donde se utiliza velocidades de corte inferiores algunos talleres prefieren no usar este método porque existe una gran variabilidad a la hora de ser aplicado (Groover, 2007).

8.4 Alternativas para el reemplazo de fluidos de corte contaminantes

Los fluidos de corte con el pasar de los tiempos tienden a ser contaminantes y a perder sus propiedades físico-químicas dichos contaminantes involucran a los aceites de máquina, fluidos hidráulicos, bacterias y hongos. También estos fluidos son perjudiciales para la salud de los operarios por este motivo se han incluido algunas soluciones para evitar este problema que son las siguientes:

- Sustituir el fluido de corte a intervalos regulares y frecuentes (dos veces por mes).
- Usar un sistema de filtración para limpiar el fluido.
- Maquinar en seco.

8.4.1 Los aceites naturales como líquidos de corte de metales

Los lubricantes tradicionales pueden ser cambiados por aceites de origen vegetal para realizar los procesos de mecanizado ya que dichos lubricantes conllevan una gran demanda hoy en día porque son de naturaleza no tóxica, respetuosa con el medio ambiente y fácil de biodegradarse por otro lado contiene grandes propiedades lubricantes. Los aceites vegetales tienen una alta afinidad con las superficies de contacto de esta forma estos aceites demuestran que tienen mayor capacidad de lubricar que los derivados del petróleo, las propiedades químicas del aceite vegetal tienen una aplicación exitosa para el mecanizado. La propiedad de absorción de un aceite natural es la que se encarga de absorber la fricción generada en la herramienta-material, otra de las propiedades que ayuda al lubricante que trabaje como fluido de corte en el metal libre de toxicidad, biodegradable, alto índice de viscosidad. Al adicionar al aceite natural aditivos de forma correcta el mismo puede trabajar de mejor forma al momento del proceso de mecanizado además la baja estabilidad termo-oxidativa es una dificultad importante que se encuentra durante el uso de aceites naturales en aplicaciones de corte de metales (Sounk, Choudhury & Muhammad, 2018).

8.5 Propiedades de los aceites naturales

Los aceites de origen natural muestran una excelente eficiencia en el maquinado, mejor que el de los aceites minerales tradicionales como las taladrinas los aceites naturales en algunas propiedades básicas muestran superioridad ante los aceites minerales, además al momento de aplicación en el mecanizado estos tienen mejores propiedades como la lubricidad del aceite natural esta propiedad es adquirida gracias a la alta polaridad del aceite base existiendo una fuerte interacción entre el fluido y las superficies de contacto durante el mecanizado (Sounk, Choudhury & Muhammad, 2018).

Esta forma de lubricación relativamente aceitosa y pegajosa es debido a las siguientes razones:

1. La carga polar presente en los ácidos grasos del aceite atrae las moléculas de aceite hacia la superficie metálica. Estas moléculas no fluyen fácilmente desde las superficies que interactúan.
2. Los grupos funcionales que contienen oxígeno están presentes en estos aceites. Estos grupos también tienen una afinidad hacia las superficies metálicas.

Tabla 3: Propiedades de los aceites vegetales como lubricantes

Ventajas	Desventajas
Alta biodegradabilidad	Baja estabilidad térmica
Baja contaminación del medio ambiente	Estabilidad oxidativa
Compatibilidad con aditivos	Alto punto de congelación
Bajo costo de producción	Mínima protección contra la corrosión
Amplias posibilidades de producción	
Baja volatilidad	
Índices alto de viscosidad	
Baja toxicidad	

Fuente: (Sounak, 2018)

Uno de los componentes básicos que debe tener el aceite vegetal es una molécula de glicerol dichas moléculas están constituidas por tres ácidos grasos de cadena larga, los grupos de hidroxilo están fusionados a los ácidos grasos por medio de enlaces éster. Las películas lubricantes producidas por el aceite de naturaleza polar hacen que interactúen con las superficies del material de esta forma minimizará la fricción y el desgaste ocasionado por el contacto (Sounk, Choudhury & Muhammad, 2018).

La viscosidad encontrada en los aceites naturales es mayor a la de los aceites minerales, por este motivo los aceites naturales para lubricar son estables. Para adquirir un excelente rendimiento para realizar el proceso de mecanizado es necesario que el coeficiente de fricción tenga alta viscosidad. El fluido adiciona lubricación mientras que aire comprimido adiciona enfriamiento durante el proceso MQL (Mínima Cantidad de Lubricación) para usar fluidos con el proceso MQL estos deben provenir de aceites naturales con una viscosidad comparativamente baja para que el fluido pueda ingresar con facilidad a la zona de corte. Por otra parte, la emulsión con base de agua del aceite natural es una excelente solución para las aplicaciones MQL porque la emulsión contiene una viscosidad más baja en comparación a los aceites simples (Sounk, Choudhury & Muhammad, 2018).

Otra de las características que hay que tener en cuenta de los aceites naturales es su favorable aplicación de corte de metal, es decir contiene un alto punto de inflamación que ayuda en las operaciones de mecanizado porque la temperatura alta es producida en la zona de mecanizado, este aceite natural con un alto punto de inflamación reduce el riesgo de incendio y humo. Además, los aceites naturales son seguros para el medio ambiente, no representan ningún daño para el mismo ni son peligrosos para la vida humana. La no toxicidad, la biodegradabilidad y las características ecológicamente racionales hacen que los aceites naturales sean lubricantes verdes (Sounk, Choudhury & Muhammad, 2018).

8.5.1 Maquinado en seco

Este tipo de maquinado es una alternativa inocua, con el pasar del tiempo se ha logrado demostrar por su gran eficiencia en los trabajos de mecanizado que tienen que ver con el torneado, fresado, y corte de engranajes, este método no es recomendado para las aleaciones de aluminio. Dentro del maquinado en seco se toma como se usa aire comprimido ya que ayuda con el enfriamiento en la zona de contacto el mismo que ayuda a retirar de la zona los excesos de viruta producidos por el mecanizado. (Kalpakjian & Schmid, 2008)

8.5.2 Enfriamiento criogénico

Esta forma de aplicación es poco común, se incluyen gases criogénicos, como nitrógeno, bióxido de carbono, para refrigerar el maquinado. Se utilizan para su aplicación boquillas de tamaño reducido con temperaturas de $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$, en ocasiones se usa el nitrógeno líquido como refrigerante. Gracias a la reducción de temperatura la herramienta puede conservar su dureza y vida útil, así mismo se puede maquinar a mayores velocidades, el nitrógeno después de terminar su proceso no contiene contaminación ambiental ya que solo se evapora. (Kalpakjian & Schmid, 2008)

8.6 Tipos de fluidos de corte

8.6.1 Fluido de corte de base aceite

Es un derivado mineral de origen animal, vegetal y aceites sintéticos. Los aceites minerales basados en petróleo son utilizados debido a sus características lubricantes. El tipo de lubricante mineral se utiliza para minimizar la fricción y fricción inducida por el calor en la zona de corte. Un resultado se obtiene minimizar fuerzas de corte para reducir el desgaste de cráteres en la herramienta (Debnath, Reddy, 2014).

Las ventajas de los lubricantes de aceite es que son excelentes en la lubricación, anti-convulsiones, y resistencia a la corrosión. Sin embargo, su principal desventaja es la alta inflamabilidad ya que son buenos en la lubricación, pero pobre en refrigerante.

Por otra parte, los lubricantes de aceite son usados para realizar operaciones de baja velocidad donde el aumento de temperatura no se significativo, los aditivos químicos como azufre, cloro, y fosforo se agregan a estos lubricantes de base aceitosa para formar una capa solida sobre el metal caliente (Debnath, Reddy, 2014).

8.6.2 Fluidos de corte de base acuosa

El tipo de productos es una concentración y mezcla con agua, cuando el producto de base acuosa se mezcla con agua forma una emulsión, mientras que el tipo soluble forma una solución. Para obtener una emulsión se realiza una mezcla con aceite mineral y agua en porción típica de 30:1. (Debnath, Reddy, 2014).

La presencia de agua hace emulsiones superiores en enfriamiento, mientras que la presencia de aceite reduce la tendencia del agua a causar oxidación. Similar, aditivos de presión extrema se utilizan en este fluido de corte bajo condiciones de presión extremas. Se recomienda la emulsión para ser utilizado en velocidades alta, y las operaciones de presiones bajas donde el aumento de temperatura es significativo (Debnath, Reddy, 2014).

Las ventajas del fluido de base acuosa son que no tiene peligro de incendio y una mínima tasa de nebulización de petróleo. Además, el costo es reducido por su disolución en agua. Por otra parte, una de las debilidades es que es vulnerable a los hongos, bacterias, etc debido al alto contenido de agua (Debnath, Reddy, 2014).

8.6.3 Fluidos de corte sintéticos

El tipo de fluido está constituido por una base química con aditivos que son diluyentes en agua. Los fluidos sintéticos tienen una apariencia clara, acuosa, incluso se puede agregar colorante para obtener un líquido amarillo o verde. Además, estos fluidos ayudan a obtener una buena visibilidad de la operación de corte gracias a su transparencia. . La adición de soluciones químicas orgánicas e inorgánicas en el sintético fluido de corte proporciona de ablandamiento de agua, resistencia a la corrosión, lubricación, reducción de la tensión superficial y mezcla. Estos fluidos tienen una desventaja porque su baja lubricación debido a su alta oleosidad (Debnath, Reddy, 2014).

8.6.4 Fluidos semi-sintéticos

Son emulsiones químicas, que tiene aceite mineral diluido en agua con varios aditivos para minimizar el tamaño de partículas de aceite lubricante, la única diferencia entre los fluidos sintéticos es que no hay aceite presente en el fluido de corte sintético. Los Fluidos semi-sintéticos contienen aceites minerales de concentración que varía entre 10% y 50%, lo que demuestra una mayor lubricación de los aceites sintéticos (Debnath, Reddy, 2014).

8.6.5 Problemas ambientales de los fluidos de corte convencionales

Por causas de un alto índice de toxicidad de los fluidos de corte, el mismo se encuentra asociado con los factores ambientales, el 80% de las causas de enfermedad ocupacional de los trabajadores son debido al contacto de los fluidos de corte con la piel. Esto se debe al nivel de composición química de los fluidos de corte puede ser irritante o alérgico. Los fluidos de corte que son constituidos principalmente como base del petróleo que tienen heterocíclicos y anillos poliaromáticos es una de las principales causas de cáncer en la piel (Debnath, Reddy, 2014).

También el crecimiento de bacterias en este tipo de fluidos de corte conlleva la presencia de endotoxinas en la atmosfera. Por otra parte, los biosidas aditivos se agregan con la única finalidad de reducir el crecimiento de bacterias en el fluido. En algunos casos de los aditivos se usa la parafina colorada que tiene grandes propiedades como la estabilidad química, viscosidad, resistencia al fuego, toxicidad aguda. Así mismo los fluidos de corte que llevan como aditivo cloro no son tan eficientes en mecanizado de titanio ya que causan corrosión en la superficie mecanizada (Núñez & Núñez, 2017).

8.6.6 Cantidad mínima de lubricación (mql)

Una de las opciones que se podría utilizar en las inundaciones es la cantidad mínima de lubricación se la puede incluir como un método amigable con el ambiente y ayudaría a reducir costos. Las principales ventajas de son ahorro de costo, reducción del consumo del fluido, reducción del impacto ambiental. Además, las consideraciones técnicas que hay que tomar en cuenta son las siguientes: se necesita el diámetro de la boquilla de 1 mm con una presión aproximada de 600 kPa con una densidad de flujo de 50 ml/h que es la diezmilésima de la refrigeración por inundación (Debnath, Reddy, 2014).

Los fluidos de corte que son usados con este tipo de método de aplicación MQL deben ser biodegradables y permanecer estables en un extenso periodo ya que en consumo del aceite es inferior. Finalmente, la aplicación de MQL para tener un mejor rendimiento se debe aplicar en forma de aerosol ya que estas partículas se acoplarán rápidamente en la zona de contacto (Debnath, Reddy, 2014).

8.7 Características botánicas del piñón

A continuación se indica las características más relevantes de la planta de piñón para tener un mejor conocimiento del género (Heller, 1996):

Tabla 4: Características de la semilla de piñón.

Reino	Plantae
Reino	Tracheobionta
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Rosidae
Orden	Eurphorbiales
Familia	Euphorbiaceae
Género	Jatropha
Especie	Curcas

Fuente: (Heller, 1996)

8.7.1 Nombres comunes

La planta es distinguida en varios lugares del mundo con los siguientes nombres: México como nuez purgante, tempate, piñón o piñoncillo, por otra parte en Inglaterra como purging nut, en Costa Rica como tempate, en India como Seemai Kattamanakku, en Portugal como Habel meluk y en otros países donde se produce como piñón blanco o piñón de leche, dentro de las regiones de América se la conoce como coquito, barbasco, yupur (Janik & Paull, 2002).

8.7.2 Descripción

Es una planta que tiene sus orígenes en América Central y México, pero este tipo de planta también habita en países de clima tropical, es cultivada en Centroamérica, Sudamérica, Asia, India y África. Es un arbusto que puede medir de 2 a 5 m de altura, su corteza es blanco grisáceo. El tallo escasea de discontinuidad morfológica en cada aumento brota cinco raíces, una central y cuatro periféricas, las hojas por lo general forman 5 a 7 lóbulos acuminados; sus peciolo miden de 10 a 15 cm de anchura (Neubert, 2004).

La planta produce dos tipos de flores, masculinas y femeninas, que son de color verde y amarillo pequeñas, cada una rama produce alrededor de 10 frutos de forma ovalada que son de carnosos de color verde y cuando están maduros y secos son de color amarillo y café oscuro (Miller, 1991).

Cuando las semillas están maduras es cuando el fruto tiene el proceso de cambio de color de verde a amarillo y a café en caso de estar completamente seco, cada uno de los frutos produce tres almendras negras que miden entre 2 cm de largo y 1 cm de diámetro (Narave, Cano & Pacheco, 1984). Los frutos de piñón se observan en la Figura 9.

Figura 9: Piñón: a) Frutos tiernos, b) Fruto seco.



(a)



(b)

Fuente: Elaboración propia.

8.7.3 Manejo y composición química

El género *Jatropha* tiene: alcaloides, saponinas, taninos, esteroides, toxialbuminas, compuestos cianogénicos. También contiene aceites fijos, ácidos grasos como: palmítico, oleico, linoleico, esteárico). Por otra parte en la semilla tiene curcina, una albúmina termolábil, quien es el encargado de llevar la toxicidad. La semilla de piñón también cuenta con otros minerales como fósforo, calcio, sodio, potasio y magnesio (NIIR, 2005).

Por Cada 100 g de semilla se obtiene: 6,6 g H₂O, 18,2 g proteína, 38,0 g de aceite vegetal. 33.5 g de hidrato de carbono total, 15,5 g de fibra y 4,5 g ceniza. (Duque & Atchey, 2005).

Las propiedades toxicológicas se encuentran dispersas en toda la planta, por lo que se debe tener precaución cuando se manipule, en especial en las semillas que no son alimento comestible, tiene propiedades purgantes por sus niveles de fitotoxina llamada curcina con una mínima cantidad de gotas podría matar a un niño. El aceite también produce irritación de mucosa gastrointestinal ocasionando vómitos y diarreas, en grandes dosis podría ocasionar la muerte por sus efectos tóxicos (Díaz, 2008).

8.7.4 Ecología

Las plantaciones de piñón son usadas como límite de linderos para los cultivos, también es una alternativa de cultivo en suelos alejados y agotados, por lo general este tipo de especie tiene una vida útil de 30 a 50 años, también se produce sin necesidad de cuidado específico.

La mayor parte de la especie se la encuentra en bajas elevaciones que están inferior a los 1 200 m.s.n.m en lugares secos, húmedos, terrenos llanos o montañas. Asimismo, se localizan en sitios con temperaturas de 18 a 28 °C en otros casos también se las encuentra en lugares con 34 °C. Soporta a las sequías ya que necesita de un requerimiento de agua mínimo porque se adapta a casi cualquier tipo de suelo, incluso en terrenos que no cuentan con suficientes nutrientes, por otra parte, la planta crece mejor en terrenos con excelente drenaje ya que es apta a las inundaciones (Narvae, Cano & Pacheco, 1984).

8.7.5 Silvicultura

El cultivo se lo puede realizar mediante estacas de 1 m de longitud y 5 cm de diámetro, el brote se da a los 20 días de ser plantado. El brote de la flor sucede aproximadamente al año y a su vez el nacimiento del fruto. Este fruto cuando nace es una nuez de color verde en su maduración amarillo y cuando está seco es de color café. Se considera una producción estable a partir del año 4 o 5 (Bejumea, Hernández & Rios, 2009).

La primera cosecha se la logra obtener a los diez meses consecuentemente la planta provee dos cosechas anuales. La planta provee aproximadamente 10 kg de frutos por planta cuando esta se encuentra desarrollada, la cual 4 kg corresponde a la semilla. Se puede lograr por cada hectárea alrededor de 25 t de fruto y 10 t por semilla es decir para una plantación de 2 500 plantas por ha. La recolección es realizada de forma manual en donde también se aprovecha las lluvias para un mejor desarrollo de la planta (Morton, 1981).

8.8 Procedimiento del fruto para obtener la semilla

Cuando el fruto está completamente maduro tiende a ponerse de color marrón a su vez empieza a abrirse, los frutos secos son almacenados en sacos de yute y llevados a centros de acopio para su procesamiento, para terminar el proceso de sacado el producto es expuesto al sol en lonas aprovechando al mismo tiempo la extracción de la semilla manual.

El almacenamiento de la semilla no puede durar mucho tiempo ya que a partir de los 15 meses se observan porcentajes de germinación de al menos el 50%. Un kilogramo tiene entre 1 000 y 2 370 semillas (Saturnino, Pacheco & Tominaga, 2005).

8.8.1 Usos y formas de extracción del aceite de piñón

Dentro de cada semilla se puede obtener aceite de un 35 y 40 % con este valor quiere decir que tiene menos porcentaje que el aceite de palma africana, la higuera y entre otras especies oleaginosas más. El aceite puede ser procesado para realizar tratamientos capilares, jabones hidratantes para la piel, cremas humectantes. Con tal torta que viene hacer el desecho de la extracción del aceite se usa para abono de los suelos.

8.8.2 Extracción por centrifuga

La materia prima previamente tratado del cual se extraerá el aceite, se dividen componentes por separado como los sólidos, aceite y agua haciendo una centrifuga. El método es más utilizado en la extracción de aceites comestibles como maíz, girasol, oliva etc. También cuenta con algunas ventajas la aplicación de este sistema como: máquinas pequeñas, trabajo continuo, poca mano de obra, poca acidez del aceite, higiene. Lo que conlleva a tener inconvenientes: inversión considerable, disminución de la estabilidad y características organolépticas de los fluidos obtenidos, producción con sustancias residuales (Vega, 2004).

8.8.3 Prensa de expulsor

Se lo conoce también como tornillo (screw) o expeller, este extractor opera de forma mecánica continua donde el aceite es extraído por alta presión, por lo general es un tornillo sin fin de forma helicoidal continuo, el mismo que da giros dentro de un cilindro estático perforado. Cuando la materia prima ingresa al cilindro la presión extrema produce que el aceite sea extraído a través de sus pequeños orificios y divide el aceite de la torta. Todo el residuo denominado torta se lo expulsa por un costado del extrusor por otra parte el aceite crudo tiene algunos fragmentos de la torta que después es filtrado a la salida del aceite (Becker & Francis, 2004).

8.8.4 Prensa hidráulica

Es un procedimiento para extraer el aceite por lotes, el aceite se lo obtiene por presión hidráulica en el lote de la semilla dentro de un embolo perforado. Este método se lo puede realizar en dos formas en frío o en caliente (Bailey, 1984).

8.8.5 Presionado en frío

Este proceso es utilizado en el prensado mecánico, se coloca calor frío extra a la materia prima a quien se va hacer la extracción del aceite, esta forma de extracción no es eficiente para todos los aceites puesto que se utiliza para tener aceite virgen, ya que así se puede conservar sus propiedades (Planck,1980).

8.8.6 Presionado en caliente

Para lograr conseguir el aceite, la materia prima es sometida a presión por medio de una placa caliente, así mismo el calor logra desfragmentar las paredes celulares de la semilla de esta manera se obtiene el aceite. Hay que tener cuidado con el manejo de la temperatura ya que si las mismas son muy elevadas puede cambiar las propiedades del aceite (Ibarz, 2005).

8.8.7 Extracción por solventes

La extracción por solventes es usada para extraer aceite por medio de un solvente, por lo general se usa el hexano, este tipo de maquinaria es construido para obtener de semillas oleaginosas que tienen un contenido del 20 % de aceite. Este método es más eficiente que los anteriores mencionados ya que en la torta solo queda un 0.5% de aceite y los otros métodos con un 6% al 14 % (Kenan, 2012).

9. VALIDACIÓN DE PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPOTESIS

Si se produce un fluido de corte biodegradable a partir de la semilla de piñón se optará como alternativa para reemplazar a las taladrinas contaminantes utilizadas en los procesos de mecanizado.

10. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

MATERIALES Y MÉTODOS

Tipos de investigación

Investigación bibliográfica

Mediante las investigaciones bibliográficas se ha enfocado en la contaminación ambiental y salud ocupacional de los operarios que trabajan en mecanizado, además de esto se tomó en cuenta antecedentes que indican que las taladrinas usadas provocan contaminación por su composición química ya que las mismas tienen en su contenido cloro, azufre, fósforo, biosidas, aromatizantes y anticorrosivos, el cual fue una guía para realizar dicha investigación, de mismo modo se buscó información acerca de los diferentes tipos de fluidos de corte para seleccionar la alternativa más viable para la producción de un fluido biodegradable, todas estas herramientas han sido útiles para posteriormente realizar la investigación de campo.

Investigación de campo

Se realizó la búsqueda de la semilla en la provincia de Esmeraldas – San Mateo donde se logró recolectar una mínima cantidad de 25 lbs de semilla con cascara que a su vez se realizó el proceso de descascarado manual. Asimismo, en la provincia de Manabí – Portoviejo en la estación experimental Portoviejo INIAP se obtuvo otra cantidad 275 lbs de semilla descascarada, en la estación experimental también se logró apreciar el proceso de trituración, extracción, filtrado, y almacenado del aceite de piñón. La semilla de piñón fue medida y pesada obteniendo los siguientes resultados: 1,90 cm largo, 1,1 cm ancho, 0,92 gr de peso.

Investigación experimental

Se recolectó 300 lbs de semilla total y se procedió a triturar alrededor de 200 tolvadas en la máquina trituradora de semilla de piñón; la extracción del aceite fue hecha en una prensa hidráulica obteniendo así 5 lts de aceite en crudo el mismo tenía en su contenido partículas de torta, para eliminar este componente se procedió a elaborar un filtro casero con material reciclado, algodón, papel filtro y botella plástica.

Al aceite filtrado se agregó el 1% de antioxidante de tipo TBQ para evitar subir los niveles de acidez y conservar el mismo.

Se envió dos muestras de aceite de 250 ml a dos laboratorios uno en la ciudad de Quito (Química Labs) y otro en Portoviejo (INIAP) para su posterior análisis físico-químico, luego de 10 días laborables se obtuvo los resultados que se detallan en las tablas 6,7,8,9.

Para la elaboración de la emulsión se basó en los datos bibliográficos donde indica que el (60%) 10 ml corresponde al aceite, el (40%) a 4 ml al agua destilada, y un 2 (10%) ml de agente emulsionante, los materiales que se usaron para la producción fueron: 2 tubos de ensayo, vaso de precipitación de 250 ml, vaso de precipitación plástico de 20ml, agitador, emulsionantes nonil 6 M, Tween 80, jabón líquido. Se elaboró 3 ensayos con los agentes emulsionantes.

Ensayo 1

En el primer caso se usó la emulsión tween 80 con: 10 ml (60%) de aceite 2 ml (10%) del emulsionante y 4 ml (40%) de agua destilada, se procedió a crear la solubilidad del emulsionante en el aceite por medio de la agitación manual, una vez mezclado estos dos elementos se vertió en el vaso de precipitación con el agua destilada, se agito por 10 segundos obteniendo como resultado 90% homogenización lechosa.

Ensayo 2

En el segundo caso se usó la emulsión de jabón líquido con: 10 ml (60%) de aceite 2 ml (10%) de aditivo y 4 ml (40%) de agua destilada, se procedió a crear la solubilidad del emulsionante en el agua por medio de la agitación manual, una vez mezclado estos dos elementos se vertió en el vaso de precipitación con aceite, se agito por 10 segundos obteniendo como resultado 60% homogenización no lechosa.

Ensayo 3

En el tercer caso se usó la emulsión nonil 6 M con 10 ml (60%) de aceite 2 ml (10%) de aditivo y 4 ml (40%) de agua destilada, se procedió a crear la solubilidad del emulsionante en el aceite por medio de la agitación manual, una vez mezclado estos dos elementos se vertió en el vaso de precipitación con el agua destilada, se agito por 5 segundos obteniendo como resultado 100% homogenización lechosa.

Se envió una muestra de la emulsión de 200 ml al laboratorio Química Labs para realizar el análisis de biodegradabilidad donde se aplicó un logo bacteriano para fluidos para su degradación por 21 días en el líquido para determinar DBO y DQO por medio de un colorímetro.

MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

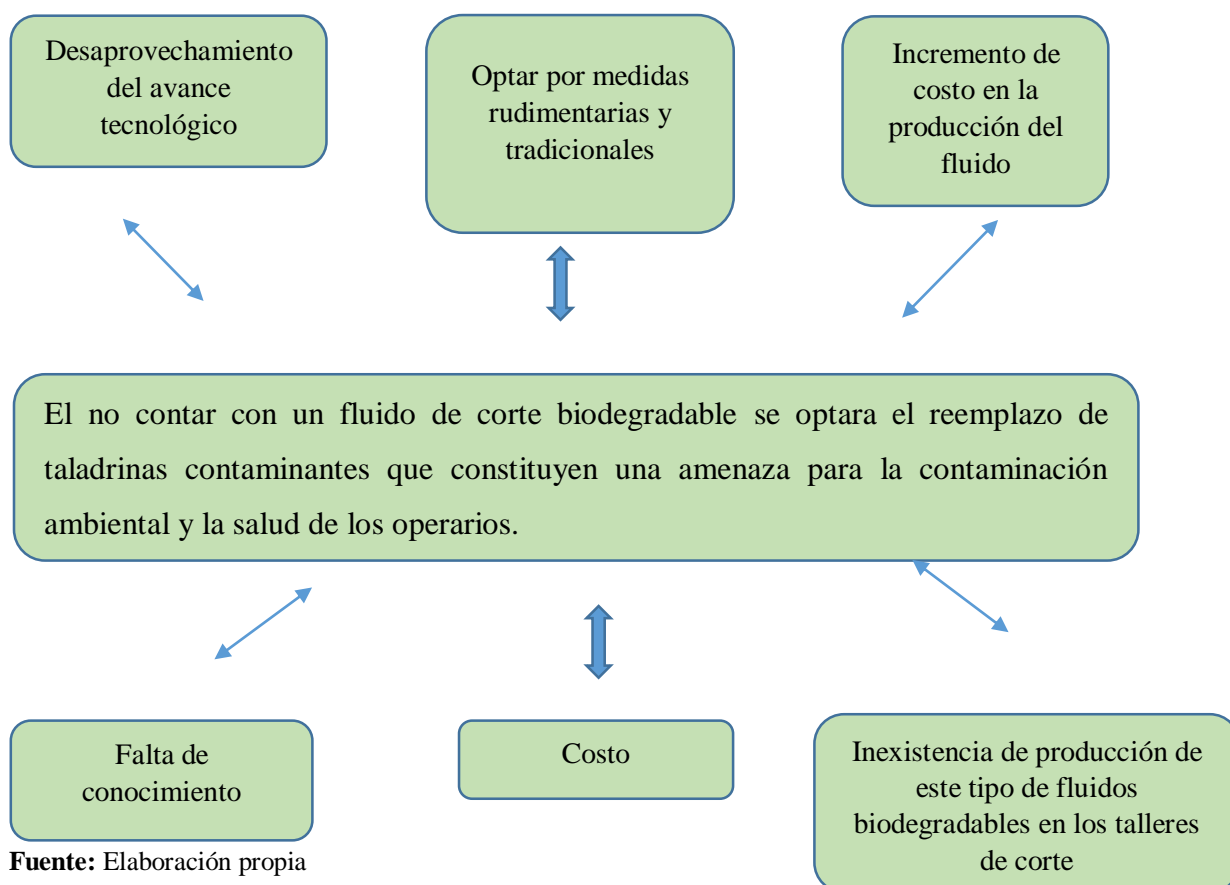
Método inductivo

Este método ha sido de gran importancia ya que ayudaría a reemplazar a las taladrinas contaminantes que son usadas en los procesos de mecanizado. Lo cual conllevó a realizar estudios de producción del fluido biodegradable aportando así al área mecánica.

TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

Para esta investigación se utilizó la entrevista con el supervisor de planta del centro experimental INIAP Portoviejo el Ing. Andrés Viteri mediante la cual se pudo deducir la importancia de la semilla de piñón tanto para la parte agrícola como la industrial, también se analizó todos los procesos que intervienen en el proceso de extracción como: recolección de la semilla de los centros de acopio, descascarado, triturado, filtrado y almacenado; de esta manera la información recopilada en dicho lugar fue de gran ayuda para la ejecución de este proyecto. Ver Anexo 3 En cuanto la emulsión finalizada fue puesta en prueba en la ciudad de Ambato por el Maestro tornero Nelson Tobar donde probó el fluido dando como resultado exitoso que el mismo Refrigerera, Lubrica y no produce humo cuando se mecaniza una pieza.

Figura 10: Relación del problema causa-efecto.



Con lo expuesto en los párrafos anteriores se puede determinar varias causas por las que la provincia de Cotopaxi, Cantón La Maná no se han realizado investigaciones para disponer de un fluido de corte biodegradable para los procesos de mecanizado, entre estas causas se pueden citar:

- Falta de conocimiento: muchas veces los operarios con este tipo de problemas en los procesos de mecanizado al no conocer nuevos medios tecnológicos que les brindan facilidad en las labores.
- Costo: al aparecer un nuevo producto al mercado se estima que su precio es elevado.
- Inexistencia de producción de este tipo de fluidos de corte en los talleres: los grandes empresarios no se han preocupado por brindar apoyo a los operarios que usan taladrinas contaminantes.

Por las causas mencionadas se pueden establecer sus posibles efectos en la problemática de la investigación:

- Desaprovechamiento del avance tecnológico: al no conocer los beneficios de la tecnología se observa que los trabajadores, no están usando las nuevas alternativas no contaminantes.
- Optar por medidas rudimentarias y tradicionales: los operarios usan otros insumos como cebo, manteca vegetal, aceite para motores, con el presente proyecto se pretende mejorar los procesos de mecanizado y corte reemplazando a los medios tradicionales.
- Incremento de costo en la producción del fluido: Al realizar en mínimas cantidades de producción del fluido los costos se elevan, por ello lo que se recomienda es una empresa que pueda elaborar fluidos biodegradables en mayor cantidad, para que cualquier propietario adquiera al costo más asequible.

Matriz de operacionalización de variables

Tabla 5: Variables Dependiente.

VARIABLE	INDICADOR	ÍTEMS	INSTRUMENTO
Fluido Biodegradable	DBO, DQO	Días	Colorímetro

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6: Variables Independientes.

Variable	Categoría	Indicador	Ítems	Instrumento
Semilla	Materia prima	Peso, ancho y largo.	cm y g	Calibrador, Balanza electrónica
Aceite	Lubricación	Densidad, Viscosidad, Oleosidad, Temperatura	g/cc, cp, porcentaje, grados centígrados.	Picnómetro, viscosímetro, extractor de grasa, cromatógrafo.
Emulsionante	Emulsión	Composición Química	gramos	Balanza electrónica.
Agua destilada	Refrigeración	Propiedades físico-químico	litros	litro

Fuente: Elaboración propia

11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

A continuación se muestran reflejados los resultados realizados en la investigación dividida en tablas.

Tabla 7: Características físicas de la semilla.

Parámetro	Valores
Peso promedio (g)	0,96 g
Largo promedio (cm)	1,90 cm
Ancho promedio (cm)	1,1 cm

Fuente: Elaboración propia

Trituración de semilla

Para realizar este proceso se trituro 200 tolvadas de semilla equivalente a 300 lbs aproximadamente en un triturador eléctrico obteniendo así la semilla triturada para facilitar el proceso de extracción de aceite por prensa hidráulica.

Figura 11: Trituración de la semilla de piñón.



Fuente: Elaboración propia.

Extracción del aceite

Se procedió a llenar el embolo perforado de la prensa hidráulica con la semilla triturada para la extracción del aceite donde se obtuvo 5 litros de aceite en crudo, después el aceite fue almacenado en envases de plástico para pasar al siguiente proceso de filtrado usando material reciclado para limpiar los residuos de torta en el aceite.

Del aceite en crudo filtrado se agregó un antioxidante del tipo TBQ (1%) para evitar subir los niveles de acidez en el aceite acidez; con lo cual se observó un cambio de coloración de café a amarillo pardo.

Figura 12: Extracción de aceite por medio de prensa hidráulica manual.



Fuente: Elaboración propia.

Análisis físico-químico

En las siguientes tablas se muestra las pruebas realizadas por los dos laboratorios.

Laboratorio 1 Química Labs

Tabla 8: Análisis químico.

RESULTADOS ANÁLISIS QUÍMICO			
Parámetro	Unidad	Resultado	Método
Peróxidos	meq O ₂ peróxidos/k g	2.51	INEN-ISO 3960
Perdida por calentamiento	%	0.04	AOAC 925,10
Índice de rancidez	-----	negativo	INEN 45
Índice de refracción	η	1.47	INEN 42
Índice de yodo	gI ₂ /100g	109.75	INEN 3961
Acidez libre (Ac. Oleico)	%	41.95	NMX-f 101
Índice de Saponificación	mgKOH/gm uestra	172.29	INEN 40
Título	°C	21-22	INEN 43

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9: Análisis Físico.

RESULTADOS ANÁLISIS FÍSICO			
Parámetro	Unidad	Resultado	Método
Color	-----	amarillo pardo	Visual
Viscosidad	cp	58.9	USP 35
Punto de humo	°C	175	Lab.
Punto frío	°C	-8.8	Lab.
Punto de inflamación	°C	345	Lab.
Temperatura	°C	23	Lab.
Densidad relativa	g/cc	0.93	INEN 35

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10: Análisis del Perfil Lipídico.

RESULTADOS ANÁLISIS PERFIL LIPIDICO			
Parámetro	Unidad	Resultado	Método
Ácido Palmítico	%	16,41	INEN 5508
Ácido Oleico	%	28.27	
Ácido Linoleíco	%	50.95	

Fuente: Elaboración propia

Los resultados de estos análisis fueron proporcionados por el Laboratorio Química Labs reportando los siguientes datos:

Del presente análisis del perfil lipídico se observa que el aceite de piñón dispone de un gran porcentaje de ácido palmítico, oleico y linoleíco ya que a partir del 7% hace que sea un aceite vegetal idóneo para ser empleado para la producción de taladrina biodegradable (Arias, 2014).

Laboratorio 2 INIAP Portoviejo

Tabla 11: Análisis de aceite de piñón en el laboratorio INIAP Portoviejo.

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO			
Parámetro	Unidad	Resultado	Método
Índice de Acidez	%	41,80	NMX-f 101
Índice de Peróxidos	meq de peróxidos/kg muestra	0,99	AOCS Cd 1-25
Índice de Iodo	gI/100g	127,22	AOCS Cd 1-25
Índice de Saponificación	mg KOH	180,45	NTE INEN-0040:73
Densidad relativa	g/cm ³	0,915	NTE INEN 0035 2013
Viscosidad Cinemática a 40 °C	cp	30,20	ASTM D-445

Fuente: Elaboración propia

Comparación del Laboratorio 1 y 2

De acuerdo a la comparativa de las muestras analizadas en el laboratorio 1(Química Labs) y Laboratorio 2 (INIAP) se puede observar que:

Tabla 12: Comparación de resultados de los dos laboratorios.

VALIDACIÓN MEDIANTE COMPARACION DE RESULTADOS			
Parámetro	Resultado lab 1	Resultado lab 2	Observación
Índice de Acidez	41,95 (Oleico libre)	41,80 (Oleico libre)	En este caso existe una diferencia de valores porque el laboratorio 1 trabaja con el ácido oleico libre es decir se toma en cuenta el porcentaje de Ac. Oleico de la muestra, mientras que en el laboratorio 2 se usa el índice para neutralizar los miligramos de KOH en 1 kg de muestra.
Índice de Peróxidos	2,51 meq peróxido/kg	0,99 meq de peróxidos/kg muestra	Hay una variación de resultados por el tiempo de almacenamiento y producción.
Índice de Iodo	109,75 gI ₂ /100g	127,22 gI/100g	Varía por el valor porque se toma como referencia el índice de Peróxidos.
Índice de Saponificación	172,29 mgKOH/g muestra	180,45 mgKOH/g muestra	En este caso hay una diferencia de 8 esto se debe a las condiciones climáticas de Costa y Sierra, los valores de este índice son tomados para cosmetología.
Densidad relativa	0,93 g/cc	0,915 g/cm ₃	Esta pequeña variación se debe a por la presión climática de las dos regiones.
Viscosidad Cinemática a 50 °C/40 °C	58,9 cp	30,20 cp	La viscosidad varia ya que en el primer caso se usa 50 °C y en el segundo 40 °C lo que lleva a que mientras más temperatura es aplicada menor será su viscosidad.

Fuente: Elaboración propia

*En el laboratorio 1 Química Labs se profundizaron más los análisis físico, químico, y lipídico que se expresan en las tablas 6,7 y 8.

Preparación de la emulsión

Tabla 13: Se indica que agentes emulsionantes se usaron para la producción del fluido de corte.

NÚMERO DE ENSAYO	TIPO DE EMULSIONANTE	RESULTADO
1	Tween 80	90% homogenización lechosa.
2	Jabón líquido	60% homogenización no lechosa
3	Nonil 6 M	100 % homogenización lechosa.

Fuente: Elaboración propia

Análisis de biodegradabilidad

Tabla 14: Análisis de biodegradabilidad.

PARÁMETROS	VALOR
DBO, DBQ	64,8 %

Fuente: Elaboración propia.

En los presentes resultados se determinó la biodegradabilidad del fluido tomando en cuenta los niveles de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBQ) y Demanda Química de Oxígeno (DQO) superan el 60 % se considera biodegradable de acuerdo al laboratorio Química Labs.

12. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES, O ECONÓMICOS).

12.1.1 Impacto técnico

El presente es un proyecto con fines ingenieriles ya que su desarrollo y producción están ligados con la fundamentación teórica donde se integran los procesos de mecanizado, métodos de extracción de aceites, como también el emulsionante que es el encargado de ayudar a que la mezcla del aceite de piñón y agua destilada se homogenice, la taladrina obtenida en el proceso tiene una ventaja ya que puede competir en el mercado como una alternativa inocua.

12.1.2 Impacto social

El proyecto es de ingeniería, pero al ser un fluido de corte biodegradable se puede familiarizar con los operarios ya que no causará daño por ser proveniente de fuentes naturales mejorando la calidad de vida, por otra parte contribuirá con la reducción de enfermedades como dermatitis, cáncer, irritaciones en la piel, etc. ocasionadas por las taladrinas contaminantes.

12.1.3 Impacto ambiental

En cuanto a la contaminación ambiental se reduce notablemente por su composición base de aceite de piñón (60%) como también es el caso del agua destilada (40%) que no genera problemas ambientales, a su vez el emulsionante representa un bajo índice de contaminación ya que es orgánico y su uso en la emulsión es mínimo (10%).

La recuperación es necesaria en los fluidos de corte, ya que pueden degradarse después de un cierto período de uso, por los contaminantes existentes en el ambiente y de los procesos que están expuestos. También pueden degradarse pequeñas mezclas de fluido agregando otros fluidos para su degradación. Además uno de los métodos utilizados es por coalescentes y centrifuga que consiste en separar el fluido de los sólidos existentes.

12.1.4 Impacto económico

El proyecto tiene la tentativa de ser desarrollado y producido por el autor, de esta manera se reduce el costo de todo el proceso que conlleva la elaboración del fluido biodegradable, a su vez la materia prima utilizada (*Jatropha Curcas*) no representa un costo excesivo ya que es un cultivo silvestre.

13. PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO

A continuación se muestra el presupuesto con la descripción de cada uno de los gastos.

Tabla 15: Materiales utilizados.

MATERIALES UTILIZADOS	
MATERIAL	VALOR
Semilla de piñón	50,00 \$
Agua destilada	2,30\$
Nonil 6 M	1,33\$
Tween 80	1,33\$
Vaso de precipitación 250 ml	3,53 \$
Agitador	0,89 \$
Tubos de ensayo	0,98 \$
Frasco plástico 250 ml	0,25 \$
Algodón	2,50\$
Papel filtro	5,00\$
Vaso de precipitación plástico	2,48 \$
TOTAL	70,59 \$

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16: Análisis realizados en cada uno de los laboratorios.

ANÁLISIS DE LABORATORIO	
TIPO DE ANÁLISIS	VALOR
Análisis Químico y físico (Química labs)	260,00 \$
Análisis Químico y físico (INIAP Portoviejo)	70,00 \$
Análisis Biodegradabilidad (Química labs)	100,00\$
TOTAL	430,00 \$

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17: Manufactura y gastos inesperados.

MANUFACTURA Y GASTOS INESPERADOS	
DETALLE	VALOR
Recolección de semilla	20,00 \$
Mano de obra (extracción, emulsión)	266,66 \$
Transporte	120,00 \$
Costos de envío	30,00 \$
Impresión de documentos	100,00 \$
Otros	50,00 \$
TOTAL	586,66 \$

Fuente: Elaboración propia

*Para la mano de obra se consideró el sueldo básico para un ingeniero recién graduado que se aproxima a los 400 \$ donde se dividió para el mes y por el número de días laborables.

Tabla 18: Sumatoria del total de cada gasto realizado.

SUMA DE TODOS LOS GASTOS	
DETALLE	VALOR
Materiales utilizados	70,59 \$
Análisis de laboratorio	430,00 \$
Manufactura y gastos inesperados	586, 66 \$
TOTAL	1087,25 \$

Fuente: Elaboración propia.

14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Se realizó el análisis bibliográfico sobre las principales investigaciones para la obtención de aceites naturales, existen pocos estudios donde involucren la utilización de fluidos de corte biodegradables a nivel industrial se pretende dar un valor agregado a la semilla de piñón por ser un arbusto a relación de otras plantas-semillas como la de coco, aguacate, palma, girasol que usan un tratamiento para su producción generando así un costo elevado.
- Se extrajo el aceite de piñón en crudo mediante la utilización de las máquinas y equipos desarrollados en la investigación, el aceite en crudo contiene partículas de la torta por lo que fue filtrado mejorando así su pureza.
- En el laboratorio Química Labs se analizó las propiedades físico-químicas del aceite de piñón donde la muestra fue analizada con mayores detalles mientras que en el Laboratorio INIAP se realizó el análisis con elementos básico que igual garantizan su uso de acuerdo a los expertos de laboratorio.
- En la comparación de resultados entre los dos laboratorios se observa variaciones que se atribuyen a factores ambientales y de tiempo.

Recomendaciones

- Es necesario que se tomen en cuenta otros tipos de semillas oleaginosas que contribuya con el medioambiente y no causen daños a la salud, con esto se reemplazan los agentes químicos que son perjudiciales para la salud.
- Implementar equipos que faciliten la producción de aceites con mejor eficiencia para evitar desperdiciar la materia prima.
- Realizar pruebas piloto para la obtención del fluido de corte para verificar su rendimiento en los procesos de mecanizado.

15. BIBLIOGRAFÍA

- Alves, L. Ferreira, B. & Leta, F. (2010). Evaluación de Parámetros de Rugosidad usando Análisis de Imágenes de Diferentes Microscopios Ópticos y Electrónicos, Rio de Janeiro, Brasil.
- Arias, J. (2014). Obtención y uso del aceite de piñón para la elaboración de biodiesel, Quito.
- Bailey, A. (1984). Aceites y Grasas Industriales (1ra.ed). Barcelona, España.
- Becker, K. y Francis, G. (2004). Biodiesel from Jatropha plantations on degraded land. Multifunctional plants, food, feeds, and industrial products. University of Hohenheim. Stuttgart, Estados Unidos de América.
- Benjumea, P, N, Hernández, J. Agudelo, R. & Rios, A. (2009). Producción, calidad y caracterización de biodiesel. Antioquia, Colombia: Universidad de Antioquia.
- Debnath S, Reddy MM, Yi QS. (2014). fluidos de corte amistosas ambientales y técnicas de enfriamiento en el mecanizado: A Review, Journal of Cleaner Production, doi: 10.1016 / j.jclepro.2014.07.071.
- Díaz. G. (2008). Plantas tóxicas de importancia en salud y producción animal en Colombia. Bogota, Colombia.
- Duque, A. & Atchey.J. (2005). Jatropha Curcas and Biodiesel, Delhi, India.
- Estrems Manuel. (2007). Principios de Mecanizado y Planificación de Procesos, Primera ed., Cartajena.
- Guarnido, A. (2015). Determinación de duración de herramientas de torno bajo diferentes condiciones de corte, Sevilla.
- Heller, J. Physic Nut, Jatropha Curcas L. (1996). International Plant Genetic Resources Institute, Roma, Italia.
- Hernández, L. W., Pérez, P., Zambrano, P. C., Siller, H. R., & Toscano, H. (2013). Estudio del rendimiento del torneado de alta velocidad utilizando el coeficiente de dimensión volumétrica de la fuerza de corte resultante. Revista de Metalurgia, 49(4), 245-256. doi: 10.3989/revmetalm.1226
- Ibarz,G y Barbosa, V. (2005). Operaciones unitarias en la ingeniería de alimentos. (1era.ed). Madrid, España: Mundi Prensa.

- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). Norma Técnica para análisis de aceites y grasas: 1973-08.
- Janik, J. Robert, E & Paull, R. (2002). *The Encyclopedia of Fruit and Nuts*. Berlin, Alemania.
- Kalpakjian, S. & Steven R. Schmid. (2008). *Manufactura, Ingeniería y Tecnología*, Quinta ed., Luis Miguel Cruz Castillo and Claudia Celia Martínez Amigón, Eds. Edo. de México, México: Pearson Educación.
- Kenan. K. (2012), *Planta de extracción por solventes*. Anyang, China
- Klocke, F., & Eisenblätter, G. (1997). Dry Cutting. *Annals of the CIRP*, El Cairo Egipto.
- Mikell P. Groover, *Fundamentos de Manufactura Moderna*, Tercera ed., Pablo E. Roig Vázquez and Lorena Campa Rojas, Eds. México D.F., México: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA, 2007.
- Miller, J.N. (1991). *Jatropha Curcas: a multipurpose species for problematic sites*. Land Resour, India.
- Morton, J. (1981). *Propiedades de la jatropha curcas*. Centro de Investigaciones de Nicaragua, Nicaragua.
- Narave, H. Cano, L. Hernández, C. & Pacheco, L. (1984). *El piñoncillo, Jatropha curcas: recurso biótico silvestre del trópico*. Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos. México.
- Neubert, M. (2004). *Manejo técnico en la siembra de estacas de Jatropha curcas. Producción de Agro Combustibles*. Nicaragua.
- NIIR Board of Consultants and Engineers. (2005). *The Complete Book on Jatropha (Bio-Diesel) with Ashwagandha, Stevia, Brahmi*. Delhi, India.
- Nuñez, D. B., Nuñez, H., Vaca & Ureña M. (2017). *Influencia del sistema de mínima cantidad de lubricante (MQL) en la vida de las herramientas de corte de metal duro en el fresado del acero AISI1018*, Tungurahua.
- Planck. R. (1980). *El empleo del frío en la industria de la alimentación*. (1era.ed). Barcelona, España: Reverté.
- Saturnino, H.M. Pacheco, D.D Kakida, J. Tominaga, N. & Goncalves, N.P. (2005). *Cultivo de Piñón manso (Jatropha curcas). Producción de oleaginosas para biodiesel*. Informe agropecuario. Belo Horizonte, Brasil.

- Sounak, K., Choudhury & Muhammad M. (2018) Natural oils as lubricants in the machining processes, India.
- Vega, A. (2004). Guía para la elaboración de aceites comestibles y caracterización, Serie Ciencia y Tecnología. Nro. 139. Bogota, Colombia: Convenio Andrés Bello.

ANEXOS

Anexo 1 Fotografías

Fotografía 1: Recolección de la semilla en la Provincia de Esmeraldas.



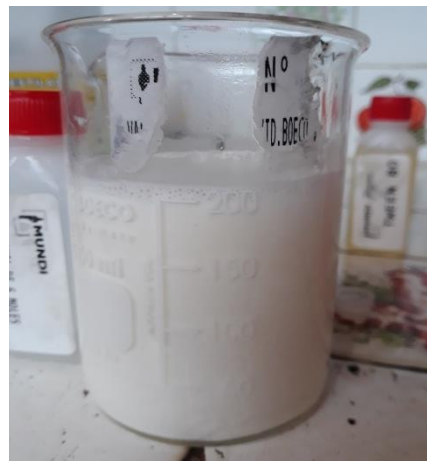
Fotografía 2: Visita de campo INIAP Portoviejo para la obtención de la semilla y recopilación de información sobre la materia prima.



Fotografía 3: Entrevista con el supervisor de planta de INIAP Portoviejo



Fotografía 4: Emulsión completa



Fuente: Elaboración propia

Anexo 2: MÉTODOS PARA EL ANÁLISIS FÍSICO Y QUÍMICO DEL ACEITE DE PIÑÓN

ÍNDICE DE ACIDEZ

1. Principio

La acidez titulable se lleva a cabo mediante una valoración ácido – base, los resultados que se obtienen corresponden a la suma de los ácidos minerales y orgánicos presentes en la muestra. Por lo general el ácido presente es: ácido oleico.

2. Equipos

- Balanza Analítica + 0,0001 g (110V)
- Bureta de 10ml + 0,05 ml

3. Reactivos

- Hidróxido de Potasio 0,1N
- Fenolftaleína 1%
- Alcohol 95° v/v

ÍNDICE DE REFRACCIÓN:

1. Principio: Se define como $\frac{\text{sen } i}{\text{sen } r}$

Donde:

i = ángulo de incidencia

r = ángulo de refracción.

Es un dato útil para la identificación. Su determinación debe llevarse a cabo a una temperatura la cual el producto esté fundido. Para ello se usan refractómetro tipo Abbé con aproximación hasta la cuarta cifra decimal.

Determinar el índice de refracción (n) con cualquier instrumento adecuado y previamente estandarizado: leer los aceites a 20 °C o 25 °C y las grasas a 40 °C.

ÍNDICE DE SAPONIFICACIÓN: (ÍNDICE DE KOETTSTORFER)

1. Fundamento: Es una medida aproximada del peso molecular promedio de los ácidos grasos.

Se define como el “número de mg de KOH necesarios para saponificar 1 g de grasa”. No es exacto para apreciar dicho peso molecular, ya que se incluyen los ácidos grasos libres junto con los glicéridos.

2. Reactivos:

- a. Solución alcohólica de hidróxido de potasio (KOH) 0,5 N
- b. Ácido clorhídrico (HCl) 0,5 N
- c. Fenolftaleína al 1% en alcohol de 95%

3. Equipos

- Balanza Analítica
- Pipeta 25 ml
- Condensador (Reflujo)
- Bureta

INDICE DE YODO (MÉTODO DE HANUS)

1. Fundamento: El índice de yodo es una medida del grado de instauración (números de dobles enlaces) de las grasas. Define como los gramos de yodo absorbidos por 10 g de grasa. Para su determinación la AOCS recomienda el método de Wijs.

2. Reactivos:

- a. Solución de yodo de Hanus (O Wijs)
- b. Cloroformo (CHCl₃)
- c. Yoduro de potasio (KI) al 15 %
- d. Tiosulfato de sodio (Na₂S₂O₃) al 0,1 N
- e. Solución de almidón al 1%

3. Equipos:

- Balanza Analítica
- Pipeta volumétrica de 10 ml.
- Balón con boca esmerilada y tapón
- Bureta

ÍNDICE DE PEROXIDO:

1. Fundamento: Indica en que extensión ha experimentado el aceite la rancidez oxidativa. Se define como miliequivalente de peróxido por Kg de grasa.

2. Reactivos:

- a. Solución de ácido acético-cloroformo (60:40)
- b. Solución saturada de yoduro de potasio (KI) (20 °C)
- c. Tiosulfato de sodio (0,1 y 0,01 N)
- d. Almidón al 1%

3. Equipos:

- Balanza Analítica
- Pipeta Graduada 10, 25 ml.
- Matraz Erlenmeyer
- Bureta
- Fuente de calor

PERDIDA POR CALENTAMIENTO

1. Fundamento tiene como objetivo establecer el método para determinar el contenido de humedad y otras materias volátiles por calentamiento a 103 °C (perdida por calentamiento) en las grasas y aceites animales y vegetales.

2. Reactivos

- Arena Seca

3. Equipos

- Estufa
- Capsulas de Aluminio
- Palillo

INDICE DE RANCIDEZ

1. Fundamento La rancidez es el grado de descomposición común de las grasas, el cual se debe al ataque del oxígeno a los centros no saturados y esto se observa cuando los comestibles grasientos adquieren con el tiempo sabor y olor más fuertes

2. Reactivos

- Ácido clorhídrico concentrado.
- Solución Floroglucinolal 0.1% en éter.

3. Equipos

- Tubo de ensayo con tapon de goma
- Pipetas graduadas
- Probetas graduadas

DENSIDAD RELATIVA

1. Fundamento tiene Uno de los parámetros cuando medimos el aceite es su densidad. No existe una densidad única del aceite debido a la gran cantidad de aceites que ya existen. Como un factor común a todos ellos, se puede decir que su densidad es menor que la del agua, y varía entre 0,840 y 0,960 Kg/L.

2. Reactivos

- No aplica

3. Equipos

- Picnómetro 10 ml

TITULO

1. Fundamento es en una grasa o aceite el punto de solidificación de los ácidos grasos presentes en el mismo en la cual se saponifica la muestra, se separan los ácidos grasos, se calientan a 130°C y se los enfría hasta su punto de solidificación.

2. Reactivos

- Solución alcalina de glicerina
- Solución Ácido Sulfúrico al 30%

3. Equipos

- Estufa
- Termómetro para título (-2 a +68 °C)
- Termómetro (0 a 100 °C)
- Vaso de precipitación
- Tubo de ensayo
- Agitador
- Matraz Erlenmeyer

PUNTO DE HUMO

1. Fundamento El punto de humeo se refiere al punto de calentamiento de una sustancia; especialmente aceite de cocina o grasa comestible, donde se hace visible el humo que desprende la acroleína de las grasas.¹ En esa zona humea, dando al alimento un gusto desagradable. Por encima del punto de humeo surge el punto de ignición, donde comienza la combustión.

2. Reactivos

- No aplica

3. Equipos

- Vaso de precipitación
- Fuente de calor
- Termómetro (20 a 200° °C)

PUNTO DE INFLAMACIÓN

1. Fundamento Se denomina punto de ignición, punto de inflamación o punto de incendio de una materia combustible al conjunto de condiciones físicas (pre-sión, temperatura, etc.) necesarias para que la sustancia empiece a arder al acercarse una fuente de calor (fuente de ignición) y se mantenga la llama una vez retirada la fuente de calor externa.

2. Reactivos

- No aplica

3. Equipos

- Vaso de precipitación
- Fuente de calor
- Termocupla (20 a 400° °C)

PUNTO DE FRIO

1. Fundamento Este método se basa en la propiedad que tienen las grasas de pasar al estado sólido a medida que va disminuyendo su temperatura.

2. Reactivos

Hielo

- Sal en grano

3. Equipos

- Vaso de precipitación
- Equipo para baño de frío
- Termómetro (-20 a 100°C)

TEMPERATURA

1. Fundamento Por encima de cierta temperatura, los ácidos grasos comienzan a alterarse, pudiendo convertirse en trans, oxidarse, generar radicales libres y compuestos nocivos. La dieta aparentemente más equilibrada, la más cuidada selección de alimentos puede quedar arruinada por un uso poco prudente de la temperatura a la hora de cocinar. Para determinadas escuelas terapéuticas de tratamiento de enfermedades crónicas y degenerativas (método Kousmine, por ejemplo) la temperatura y modo de cocinado es de la máxima importancia, por no decir una de las piedras angulares de la terapia.

2. Reactivos

- No aplica

3. Equipos

- Vaso de precipitación
- Termómetro (0 a 100° °C)

VISCOSIDAD

1. Fundamento La Viscosidad es un parámetro de los fluidos que tiene importancia en sus diversas aplicaciones industriales, particularmente en el desempeño de los lubricantes usados en máquinas y mecanismos. La viscosidad de las sustancias puras varía de forma importante con la temperatura y en menor grado con la presión.

2. Reactivos

- No aplica

3. Equipos

- Viscosímetro de Brookfield

PERFIL LIPÍDICO

1. Fundamento Los lípidos son los extractos de matrices alimenticias que han sido obtenidas usando solventes no polares, como éter, cloroformo, hexano, etc; y son saponificados con hidróxido de sodio metanólico para obtener ácidos grasos libres. Posteriormente estos, son esterificados en medio ácido usando ácido clorhídrico metanol para formar esteres metílicos de ácidos grasos, los cuales, son extraídos con hexano para finalmente ser analizados por cromatografía de gases.

2. Reactivos

- Ac. Clorhídrico Concentrado p.a
- Hexano HPLC
- Agua desionizada
- Metanol HPLC
- Hidróxido de sodio p.a

3. Equipos

- Balanza analítica, + 0,0001 g (110 V)
- Extractor de grasa, 180°C + 1°C (110 V)
- Cocineta (110 V)
- Estufa, 130°C + 3 °C (110 V)
- Sorbona, EFQ-145 (220 V)
- Cromatógrafo de gases (110 V)
- Vórtex (110 V)
- Baño de agua (110 V)
- Micropipeta
- Tubos de precipitación de 50 mL
- Balones de 10 mL
- Viales
- Jeringa hipodérmica de 10 µL

CURRICULUM VITAE



1. DATOS PERSONALES

NOMBRE COMPLETO: Yoandrys Morales Tamayo
CEDULA DE IDENTIDAD: 1756958797
PASAPORTE: I559107
FECHA DE NACIMIENTO: 10 de Agosto de 1983
EDAD: 34 años
NÚM. CELULAR: 0988494906
E-mail: ymoralesta83@gmail.com

2. ESTUDIOS REALIZADOS

CUARTO NIVEL: Universidad Politécnica de Madrid, España
CUARTO NIVEL: Universidad de Holguín, Cuba
TERCER NIVEL: Universidad de Holguín, Cuba

3. TÍTULOS

CUARTO NIVEL

- Doctor por la Universidad Politécnica de Madrid, PhD
 - _ Año de obtención: 2014
 - _ Número de Registro SENESCYT: 7526 R-15-26566
- Máster en Diseño y Fabricación Asistida por Computadora.
 - _ Año de obtención: 2011
 - _ Número de Registro SENESCYT: 1923111692

TERCER NIVEL

- Ingeniero Mecánico
 - _ Año de obtención: 2007
 - _ Número de Registro SENESCYT: 1923111691

4. EXPERIENCIA LABORAL

Universidad Técnica de Cotopaxi. Extensión La Maná. Ecuador. (2015) Universidad Internacional SEK. Ecuador. 2015

Universidad de Granma. Facultad de Ciencias Técnicas. Cuba (2007-2015) Empresa de Servicios Técnicos (Zeti). Cuba (2010-2014)

5. CARGOS DESEMPEÑADOS

Docente Investigador en las Asignaturas de:

- Diseño Mecánico por Computadora
- Comunicación Científica
- Metodología de la Investigación
- Elaboración de Artículos Científicos
- Redacción Científica
- Dibujo Mecánico
- Diseño Asistido por Computadora
- Proyecto de Ingeniería
- Procesos de Manufactura
- Teoría de los Mecanismos
- Mecánica Teórica
- Ingeniería de Materiales
- Metalurgia de la Soldadura
- Máquinas Herramientas
- Procesos de Fundición de Metales
- Máquinas Herramientas con Control Numérico

- Conformación de Metales
- Tecnología de Soldadura
- Resistencia de Materiales
- Diseño de Elementos de Máquinas
- Ciencias de los Materiales
- Elementos Finitos
- Diseño Estadísticos de Experimentos

Universidad Técnica de Cotopaxi- Director de Carrera. 2017

Universidad de Granma - Facultad de Ciencias Técnicas, Miembro del Consejo Científico, marzo 2011 – marzo 2015.

Universidad de Granma - Facultad de Ciencias Técnicas, Tribunal de Cambio de Categorías Docentes. 2012 – Mayo 2015.

Universidad de Granma - Facultad de Ciencias Técnicas, Director Línea de Investigación: Soluciones Ingenieriles Asistidas por Computadora. 2011- Mayo 2015.

Universidad de Granma - Facultad de Ciencias Técnicas, Docente-Investigador – Septiembre 2007 – Mayo 2015.

DOCENCIA DE POSTGRADO:

- **Universidad Internacional SEK, Quito (2015) Maestría en Diseño Mecánico (Mención Automotriz)**
- **Universidad de Granma, Cuba (2013 – 2015) Maestría en Maquinaria Agrícola**
- **Universidad de Granma, Cuba (2011 – 2013) Maestría en Maquinaria Agrícola**

DOCENCIA DE PREGRADO:

- **Universidad Técnica de Cotopaxi, Ecuador**
Docente-Investigador a Tiempo Completo
- **Universidad de Granma, Cuba**

Docente-Investigador a Tiempo Completo

6. CURSOS DE RECIBIDOS

2007

- ✓ Fundamentos de la Comunicación Científica. Universidad de Granma. Cuba.

2008

- ✓ Algoritmia. Universidad de Holguín. Cuba.
- ✓ Programación en C/C++. Universidad de Holguín. Cuba.
- ✓ Bases de datos para el CAD/CAM. Universidad de Holguín. Cuba.
- ✓ Matemática avanzada. Universidad de Holguín. Cuba.
- ✓ Curso Mecanización Agraria. XII Edición. Universidad Politécnica de Madrid. España.

2009

- ✓ Tópicos selectos del diseño. Universidad de Holguín. Cuba.
- ✓ Fundamentos del diseño. Universidad de Holguín. Cuba.
- ✓ Gráfica por computadora. Universidad de Holguín. Cuba.
- ✓ Fundamentos de los procesos de manufactura Universidad de Holguín. Cuba.
- ✓ Diseño de experimento. Universidad de Granma. Cuba.
- ✓ Ingeniería en Frío. Universidad de Granma. Cuba.
- ✓ Ahorro Energético y producción de energías renovables en la agricultura. Universidad de Granma. Cuba.
- ✓ Propiedades físicas del suelo. Universidad de Granma. Cuba.

2010

- ✓ Integración CAD/CAPP/CAM. Universidad de Holguín. Cuba.
- ✓ Programación Funcional. Universidad de Holguín. Cuba.

- ✓ Métodos numéricos. Universidad de Holguín. Cuba.
- ✓ Control numérico computarizado. Universidad de Holguín. Cuba.
- ✓ Automatización del CAD/CAM. Universidad de Holguín. Cuba.
- ✓ Propiedades mecánicas del suelo en los sistemas de laboreos y su realización con aperos de labranza. Universidad de Granma. Cuba.
- ✓ Tecnificación de regadío. Universidad de Granma. Cuba.

2012

- ✓ Curso Materiales Compuestos. Universidad de Girona. España.
- ✓ Curso Mecánica de la Fractura. Universidad de Girona. España.
- ✓ Curso Publicación de Artículos Científicos. Universidad de Girona. España.

2013

- ✓ Programación de máquinas con control numérico. Universidad Autónoma de Nuevo León. México.
- ✓ Problemas sociales de la Ciencia y la Tecnología. Universidad Central de la Villas. Cuba.

2014

- ✓ Diseño y análisis de experimentos: Aplicación a la ingeniería mecánica. Universidad de Granma. Cuba.

7. SEMINARIOS DICTADOS

- **Universidad de Granma, Cuba**

Seminarios Dictados:

- ✓ Dibujo Mecánico
- ✓ Comunicación Científica
- ✓ Metodología de la Investigación
- ✓ Control Numérico en Máquinas Herramientas
- ✓ Elaboración de Artículos Científicos
- ✓ Redacción Científica

✓ Gestión de Proyectos de Investigación

- **Universidad Autónoma de Nuevo León, México**

Seminarios Dictados:

- ✓ Control Numérico en Máquinas Herramientas
- ✓ Redacción Científica

8. PROYECTOS REALIZADOS

- ✓ **Proyecto M-H.** Desarrollo de máquinas herramientas con fines docentes en la carrera de ingeniería mecánica. Financiado por la Universidad de Granma Cuba y Empresa de Servicios Mecánicos “26 de julio”. Bayamo. Cuba. 2014.
- ✓ **Proyecto Mecaniz-AISI.** “Estudio experimental del desgaste del flanco y la rugosidad superficial en el torneado en seco de alta velocidad del acero inoxidable AISI 316L” Universidad Autónoma de Nuevo León, México. 2014.

9. ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS A LA DOCENCIA

DIRECTOR DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS) PARA DOCTORADO

Universidad de Las Fuerzas Armadas (ESPE), Ecuador.

DIRECTOR DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS) PARA MAESTRÍAS

Universidad de la Universidad de Granma, Cuba.

DIRECTOR DE TRABAJOS DE GRADO (TESIS) PARA PREGRADO

Universidad de la Universidad de Granma. Facultad de Ciencias Técnicas, Cuba.

10. ARTÍCULOS PUBLICADOS

- ✓ **Comparison of two methods for predicting surface roughness in turning stainless steel AISI 316L.** Revista Chilena de Ingeniería. Vol. 26. N 1. 2018. ISSN: 0718•3305.
- ✓ **Análisis térmico y de frecuencia del separador de aceite en un motor eléctrico ATH-10-1- 8T3 por método de los elementos finitos.** Revista Uteciencia. Vol. 5. N 2. 2018. ISSN: 2602-8263.
- ✓ **Comparación entre redes neuronales artificiales y regresión múltiple para la predicción de la rugosidad superficial en el torneado en seco.** Revista Ingenius. N 19. ISSN 1390 – 860X. 2018
- ✓ **Análisis numérico a un invernadero tipo túnel bajo cargas de vientos fuertes en Cuba.** Revista Uteciencia. Vol. 4. N 2. 2017. ISSN: 2602-8263.
- ✓ **Análisis del rendimiento del torneado utilizando coeficiente de vida útil en relación al volumen de metal cortado.** Revista Chilena de Ingeniería. Vol. 25. N 3. 2017. ISSN: 0718•3305.
- ✓ **Desgaste de la herramienta de corte en el torneado en seco del acero AISI 316L.** Revista Ingenius. N 17. ISSN 1390 – 860X. 2017.
- ✓ **Análisis comparativo de los indicadores técnicos explotativos en las cosechadoras de caña ktp -2m y ktp - 3000 s.** Revista Ingenius. N 16. ISSN 1390 – 860X. 2016.
- ✓ **Investigação da influência dos parâmetros de corte na rugosidade superficial usando Regressão Múltipla.** Revista Iberoamericana de Ingeniería Mecánica. Vol. 20. N 1. ISSN: 1137-2729. 2016.
- ✓ **Análisis por el método de los elementos finitos de las cargas actuantes en los rodillos y engranes de un prototipo de laminador.** Revista Infociencia. Vol. 9. pp 59-66. ISSN: 1390-339X. 2015.
- ✓ **Procesamiento de imágenes topográficas de un fémur humano para obtener los modelos CAD 3D de las superficies cortical y trabecular.** Revista Infociencia. Vol. 9. pp 72-77. ISSN: 1390-339X. 2015.
- ✓ **Prediction of flank wear of the cutting tool during dry high-speed turning for steel parts AISI 316L in the mining industry.** Revista Minería y Geología. Vol. 31. No. 2. 2015. ISSN: 1993-8012. 2015.

- ✓ **Influencia de los parámetros de corte en el desgaste del flanco de insertos recubiertos durante el torneado del acero AISI 316L.** Revista Enfoque de la Universidad Tecnológica Equinoccial. Vol. 6, No 1. ISSN: 1390-6542. 2015.
- ✓ **Estudio experimental del desgaste del flanco en el torneado en seco de alta velocidad del acero AISI 316L.** Revista Técnica de Ingeniería de la Universidad de Zulia. Vol. 37, No 3. ISSN: 0254-0770. 2014.
- ✓ **Estudio experimental de la rugosidad superficial en el torneado en seco de alta velocidad del acero AISI 316L destinado a la agroindustria alimenticia.** Revista de Ciencias Técnicas Agropecuarias. Vol. 23, No 3. ISSN (versión impresa) 1010-2760 y Versión en soporte electrónico: ISSN 2071-0054. 2014.
- ✓ **Comportamiento del desgaste del flanco en el torneado en seco de alta velocidad del acero AISI 316L.** Revista de Ingeniería Mecánica. Vol. 16, No 3. ISSN: 1815-5944. 2013.
- ✓ **Selección automatizada de la pieza en bruto y de la forma de la herramienta.** 2013. Simposio Nacional de Ingeniería Aplicada. Universidad de Colima. México.
- ✓ **La síntesis de tolerancias en ensambles mecánicos.** 2011. Conferencia Científico Internacional de la Universidad de Holguín. Cuba. Simposio de Ingeniería y Desarrollo.
- ✓ **Integración de la síntesis de tolerancias en los sistemas CAPP.** 2011. Congreso Internacional de Ciencias Agropecuarias, Mayabeque. Cuba. ISBN 978-959-16-1367-7.
- ✓ **Herramienta automatizada de la pieza en bruto en el mecanizado de metales.** 2011. Internacional de Ciencias Agropecuarias. Cuba. ISBN 978-959- 16-1367-7.
- ✓ **La síntesis de tolerancias en los sistemas CAPP.** 2011. Conferencia Científica Internacional de la UNISS YAYABOCIENCIA. Santi Spíritus, Cuba, CD- ROM.
- ✓ ISBN 978-959-250-703-6.

11. RECONOCIMIENTOS

Premio: Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente.2014.Bayamo. Cuba.

Propuesta de Premio: Rector Universidad de Granma. 2014. Bayamo. Granma. Cuba.

Propuesta de Cum Laude de Doctorado. Universidad Politécnica de Madrid. España.

CURRICULUM ESTUDIANTE



1. INFORMACIÓN PERSONAL

Nombres y Apellidos: Bryan Alexander Carrasco Viteri
Cédula de Identidad: 080281975-5
Lugar y fecha de nacimiento: Ambato 8 de febrero de 1996
Estado Civil: Soltero
Tipo de Sangre: R-OH +
Domicilio: García Moreno Av. Los Manantiales
Teléfonos: 0999224202 – 03 2830 277
Correo electrónico: bryanccarrasco@gmail.com

2. ESTUDIOS REALIZADOS

Primer Nivel: Escuela Fiscal Mixta “Domingo Faustino Sarmiento”
Segundo Nivel: Instituto Tecnológico Superior “Pelileo”
Tercer Nivel: Universidad Técnica de Cotopaxi

3. TITULOS

Bachiller Técnico En “Informática Y Computación”

4. IDIOMAS

Español (nativo)
Suficiencia en el Idioma Inglés “B1”

5. CURSOS Y SEMINARIOS

Cicap

Auxiliar En Computación (200 Horas)

Universidad Técnica De Cotopaxi

Perspectivas De La Universidad Ecuatoriana (8 Horas)

II Congreso Internacional De Electromecánica Y Eléctrica (40 Horas)

I Jornada Científica Empresarial de Ingeniería Electromecánica (40 Horas)

III Congreso Internacional de Investigación Científica UTC (40 Horas)

Universidad Tecnológica Equinoccial

Congreso Internacional De Electromecánica Y Eléctrica (40 Horas)

COORED

Prevención en Riesgos Laborales (40 Horas)

6. REFERENCIAS

Ing. Msc. Fernando Jácome Alarcón

Docente de la Universidad Tecnológica Equinoxial

Teléfono: 0985789747

Ing. Msc. Paco Vásquez

Docente de la Universidad Técnica de Cotopaxi

Telefono: 0995092670

Ing. Graciela Llerena

Directora Administrativa De Cicap

Telefono: 0984702673