

**DESARROLLO DE PROTOTIPO DE UNA MÁQUINA DE IMPACTO PARA EL  
ALISADO DEL TEJIDO EN SOMBREROS DE PAJA TOQUILLA EN EL  
MUNICIPIO DE SANDONA  
(Resumen analítico)**

**PROTOTYPE DEVELOPMENT OF AN IMPACT MACHINE FOR SMOOTHING  
THE FABRIC IN TOQUILLA STRAW HATS IN THE MUNICIPALITY OF  
SANDONA  
(Analytical summary)**

**Autores (Authors):** ROSAS ROJAS Ken Andersson

**Facultad (Faculty):** de INGENIERÍA

**Programa (Program):** INGENIERÍA MECATRÓNICA

**Asesor (Support):** Mg ÁLVARO LEÓN IBARRA ORDOÑEZ

**Fecha de terminación del estudio (End of the research):** NOVIEMBRE 2023

**Modalidad de Investigación (Kind of research):** Trabajo de Grado

**PALABRAS CLAVE**

ALISADO  
CIGÜEÑAL  
COJINETE  
POLEA  
RPM  
COMPRESIÓN  
TENSIÓN  
FUERZA  
TORQUE

**KEY WORDS**

SMOOTHING  
CRANKSHAFT  
BEARING  
PULLEY  
RPM  
COMPRESSION  
STRAIN  
FORCE  
TORQUE

**RESUMEN:** Con el fin de fortalecer la economía de esta región y de los microempresarios de la industria de sombrererías, el proyecto de investigación se centra en el diseño de un prototipado de máquina que permita mejorar las condiciones de elaboración del sombrero y no genere una contaminación auditiva

crónica para los operarios y personas a su alrededor.

Para la elaboración de los sombreros la población que vive de esta industria, ha optado por el uso y empleo de maquinaria artesanal con el fin de optimizar las distintas fases del proceso, cabe aclarar el hecho de que es evidente que dichas maquinas empleadas actualmente permiten acelerar el proceso de elaboración de sombreros en general.

Sin embargo, hoy en día las máquinas que realizan el impacto en el proceso de alisado son rudimentarias, debido a que generan ruido excesivo convirtiéndolas en un foco de contaminación auditiva que implica un riesgo auditivo potencial para el operario que las maneja, además de no contar con mecanismos de seguridad que garanticen la integridad física del grupo de trabajo.

Nariño es un departamento de alto crecimiento económico debido a su importante productividad agrícola, agroindustrial y su actividad turística se ha desarrollado en los últimos años.

“Sandóná cuenta con más de 1789 cultivadores con un área de siembra de más de 1629 hectáreas las cuales están ubicadas a 1848 m.s.n.m” (Federación Nacional de Agricultores de Colombia ,2019). Se estima que las áreas productoras de paja toquilla son equivalentes a un 30% del territorio del municipio, dicha cifra es una muestra que nos permite dimensionar la gran cantidad de población que depende de esta industria. (CIFUENTES, 2015)

El proceso de elaboración de los productos artesanales son complejos, ya que se pierde demasiado tiempo en las distintas etapas de fabricación; uno de los procesos más deficientes es el alisado manual que genera una pérdida de tiempo significativa. La Organización Internacional para la Estandarización o ISO dicta en sus normas el conjunto de actividades destinadas a la identificación, evaluación y control de los agentes contaminantes y factores de riesgo que se puedan presentar dentro de los ambientes de trabajo y que puedan generar accidentes.

Por lo cual el diseño del prototipo de alisado va a mejorar el campo laboral y protegerá la salud y cuidado auditivo de los usuarios y mejorará el rendimiento de este proceso reduciendo el tiempo de alisado y permitiendo la fabricación de más sombreros en el mismo tiempo conservando y garantizando la aplicación de las normativas de seguridad estandarizadas en la norma ISO 9001 y en las normas OHSAS 18001 :2007 dado que la Seguridad y Salud en el trabajo (SST), es una disciplina que se encarga de la prevención de las lesiones y enfermedades causadas por las condiciones de trabajo, y la protección y promoción de la salud de los trabajadores. Este Sistema consiste en el desarrollo de un proceso lógico por etapas, basado en la mejora continua y que incluye la política, la organización, la planificación, la aplicación, la evaluación, y las acciones de mejora con el objetivo de anticipar, reconocer, evaluar y controlar los riesgos que puedan afectar la

seguridad y salud en el trabajo.

Además de mejorar la calidad de cada sombrero debido a su calibración, el prototipo constará de todas las normas de seguridad y salud en el trabajo bajo las normas ya mencionadas, garantizando así un acabado más suave gracias a la proporcionalidad de presión e impacto requerido para el alisado que se lleva a cabo bajo las regulaciones del prototipo y sus estándares. El desarrollo del equipo semiautomático se llevará a cabo en tres etapas:

Diseño y construcción del prototipo.

Pruebas y evaluación del prototipo.

Producción y distribución del equipo semiautomático.

El desarrollo del equipo semiautomático podrá contribuir al crecimiento económico de la región al aumentar la productividad de la industria del sombrero de paja toquilla."

**ABSTRACT:** *In order to strengthen the economy of this region and the micro-entrepreneurs in the hat industry, the research project focuses on the design of a machine prototype that allows improving the conditions of hat production and does not generate chronic noise pollution. for the operators and people around them.*

*For the production of hats, the population that lives in this industry has opted for the use and employment of artisanal machinery in order to optimize the different phases of the process. It is worth clarifying the fact that it is evident that these machines currently used allow us to accelerate the process of making hats in general.*

*However, today the machines that perform the impact in the smoothing process are rudimentary, because they generate excessive noise, turning them into a source of noise pollution that implies a potential hearing risk for the operator who handles them, in addition to not having with security mechanisms that guarantee the physical integrity of the work group.*

*Nariño is a department of high economic growth due to its important agricultural and agro-industrial productivity and its tourist activity has developed in recent years. "Sandoná has more than 1,789 growers with a planting area of more than 1,629 hectares, which are located at 1,848 meters above sea level" (National Federation of Farmers of Colombia, 2019). It is estimated that the toquilla straw producing areas are equivalent to 30% of the municipality's territory. This figure is a sample that allows us to size the large amount of population that depends on this industry. (CIFUENTES, 2015)*

*The process of making artisanal products is complex, since too much time is wasted in the different stages of manufacturing; One of the poorest processes is manual*

*smoothing, which generates a significant loss of time. The International Organization for Standardization or ISO dictates in its standards the set of activities aimed at the identification, evaluation and control of polluting agents and risk factors that may occur within work environments and that may cause accidents. (colombia P. g., 2019.)*

*Therefore, the design of the straightening prototype will improve the work field and will protect the health and hearing care of users and will improve the performance of this process by reducing the straightening time and allowing the manufacture of more hats at the same time, conserving and guaranteeing the application of standardized safety regulations in the ISO 9001 standard and in the OHSAS 18001:2007 standards since Occupational Health and Safety (OSH) is a discipline that is responsible for the prevention of injuries and illnesses caused for working conditions, and the protection and promotion of workers' health. This System consists of the development of a logical process in stages, based on continuous improvement and that includes policy, organization, planning, application, evaluation, and improvement actions with the objective of anticipating, recognizing, evaluating and control risks that may affect safety and health at work.*

*In addition to improving the quality of each hat due to its calibration, the prototype will consist of all safety and health standards at work under the already mentioned standards, thus guaranteeing a smoother finish thanks to the proportionality of pressure and impact required for the straightening that is carried out under the regulations of the prototype and its standards. The development of the semi-automatic equipment will be carried out in three stages:*

*Design and construction of the prototype.*

*Testing and evaluation of the prototype.*

*Production and distribution of semi-automatic equipment.*

*The development of semi-automatic equipment could contribute to the economic growth of the region by increasing the productivity of the toquilla straw hat industry."*

**CONCLUSIONES:** Los resultados de este estudio muestran que el proceso de alisado de sombreros de paja toquilla es una tarea compleja y agotadora que puede provocar daños en el tejido. El desarrollo de una máquina de impacto para el alisado de sombreros de paja toquilla mejora la eficiencia y la calidad del proceso.

Después de realizar las pruebas el espesor de todos los tejidos de los sombreros donde hubo contacto su espesor se reduce un 5%, esto se logra haciendo mediciones de espesor de los tejidos antes y comparándolos después de ser tratados.

Se establece que la carrera del vástago desde su punto muerto superior hasta el punto muerto inferior es de 170 mm, trabajando bajos los rangos y funcionalidad

del mecanismo.

El costo energético diario del prototipo en un lapso de 8 horas de trabajo es de \$22.000 MCTE produciendo una totalidad de 240 sombreros en una jornada de trabajo, debido al consumo energético que demanda el motor del prototipo siendo 3.44 kWh teniendo un pico máximo de hasta 3.6 kWh. se puede decir que el costo adicional por unidad de sombrero es de \$300 por unidad.

Algunas de las propiedades principales de un material se obtienen con el ensayo de tracción, en el ensayo de tracción se somete una probeta normalizada y pulida, del material a analizar, a una carga axial de tracción y la carga de tracción aplicada comienza desde cero hasta un valor máximo poco antes del rompimiento de la probeta. Al aumentar la carga la probeta se deforma, entonces, se mide tanto la fuerza como la deformación en diferentes instantes de la prueba, y se construye una curva esfuerzo-deformación.

La medida de fragilidad es la misma que la de ductilidad y un material se considera frágil si su elongación es menor que 5%.

La ergonomía del prototipo final nos lleva a un diseño estructural mejorado lo cual permite condiciones más estables en cuestión de vibración llega a un mejor enfoque estructural estableciendo mejores condiciones de trabajo evitando superar los 80 dB y estos valores se obtienen mediante la evaluación con un sonómetro.

Las vibraciones no se transmiten al operario debido al sistema de empaques que mitigan y eliminan las vibraciones.

El rendimiento del sistema de distribución del motor es óptimo evitando transferencias de vibraciones nocivas.

El sistema unilateral electrónico está totalmente aislado de cualquier descarga protegido por una caja de policarbonato herméticamente asegurado por un sistema IPX6 garantizado por el fabricante.

La velocidad máxima entregada por el sistema de bandas conectado al motor es de 80 rpm bilateralmente estable y trabajando hasta un mínimo de 40 rpm mediante el cambio de la posición de la banda en la polea escalonada.

La estructura de la mesa permite que el movimiento bilateral del prototipo sea estable. Gracias a las pruebas previas realizadas se corrigió una mala distribución de cargas axiales, las cuales se encontraban desalineadas significativamente.

La vibración excesiva causada por la resonancia mecánica que en las pruebas preliminares nos arrojó que el prototipo se encontraba en el umbral de resonancia natural provocando una inestabilidad a la mesa de trabajo, además no se

encontraban parametrizadas ni alineadas las cargas.

La solución a esta problemática fue adaptarse a un nuevo sistema de distribución de revoluciones por minuto, mediante ajustes al mecanismo de transmisión.

Las interconexiones de los sistemas mecatrónicos permiten un mejor desarrollo a la hora de operar la máquina.

El protocolo de seguridad cumple a cabalidad con la norma ISO 9001 cumpliendo con los requisitos mínimos en SG-SST

Los sombreros que son la materia prima que ingrese al proceso de alisado sus fibras y enlaces quedan más unidos gracias a la compactación de las fibras y da un acabado final más liso.

**CONCLUSIONS:** *The results of this study show that the process of straightening toquilla straw hats is a complex and exhausting task that can cause damage to the fabric. The development of an impact machine for straightening toquilla straw hats improves the efficiency and quality of the process.*

*After carrying out the tests, the thickness of all the fabrics of the hats where there was contact is reduced by 5%. This is achieved by measuring the thickness of the fabrics before and comparing them after being treated.*

*It is established that the stroke of the stem from its top dead center to the bottom dead center is 170 mm, working under the ranges and functionality of the mechanism.*

*The daily energy cost of the prototype in a period of 8 hours of work is \$22,000 MCTE, producing a total of 240 hats in one work day, due to the energy consumption demanded by the prototype motor, being 3.44 kWh, having a maximum peak of up to 3.6 kWh. It can be said that the additional cost per unit of hat is \$300 per unit.*

*Some of the main properties of a material are obtained with the tensile test. In the tensile test, a standardized and polished specimen of the material to be analyzed is subjected to an axial tensile load and the applied tensile load starts from zero to a maximum value shortly before the breakage of the specimen.*

*As the load increases, the specimen deforms, so both the force and the deformation are measured at different moments of the test, and a stress-strain curve is constructed.*

*The measure of brittleness is the same as that of ductility and a material is considered brittle if its elongation is less than 5%.*

*The ergonomics of the final prototype lead us to an improved structural design which allows more stable conditions in terms of vibration, leading to a better structural approach establishing better working conditions, avoiding exceeding 80 dB and these values are obtained through evaluation with a sound level meter.*

*Vibrations are not transmitted to the operator due to the gasket system that mitigates and eliminates vibrations.*

*The performance of the engine distribution system is optimal, avoiding transfers of harmful vibrations.*

*The electronic unilateral system is completely isolated from any discharge protected by a polycarbonate box hermetically secured by an IPX6 system guaranteed by the manufacturer.*

*The maximum speed delivered by the belt system connected to the motor is 80 rpm bilaterally stable and working up to a minimum of 40 rpm by changing the position of the belt on the stepped pulley.*

*The table structure allows the bilateral movement of the prototype to be stable. Thanks to the previous tests carried out, a poor distribution of axial loads, which were significantly misaligned, was corrected.*

*The excessive vibration caused by the mechanical resonance that in the preliminary tests showed us that the prototype was at the natural resonance threshold, causing instability to the work table, in addition, the loads were not parameterized or aligned.*

*The solution to this problem was to adapt to a new revolution per minute distribution system, through adjustments to the transmission mechanism.*

*The interconnections of mechatronic systems allow better development when operating the machine.*

*The security protocol fully complies with the ISO 9001 standard, meeting the minimum requirements in SG-SST*

*The hats, which are the raw material that enters the smoothing process, their fibers and links are more united thanks to the compaction of the fibers and gives a smoother final finish.*

**RECOMENDACIONES:** Optimización del Consumo Energético: Dada la información sobre el costo energético diario del prototipo, se recomienda realizar una evaluación detallada de las posibles mejoras en la eficiencia energética. Esto podría incluir la búsqueda de tecnologías más eficientes, ajustes en el diseño del motor para reducir el consumo, o la exploración de fuentes de energía alternativas. La reducción del costo

energético no solo beneficia económicamente, sino que también puede tener un impacto positivo en la sostenibilidad y la huella ambiental.

**Mejora en las Propiedades Mecánicas de los Sombreros:** Dado que el proceso de alisado afecta el espesor de los tejidos de los sombreros, se sugiere investigar métodos para minimizar la reducción del 5% en el espesor. Esto podría implicar ajustes en la configuración de la máquina de impacto, la exploración de nuevos materiales o la aplicación de recubrimientos protectores para preservar la integridad del tejido. Mantener el espesor original de los tejidos podría mejorar la durabilidad y la calidad de los sombreros. Mejoras futuras y evolución.

**Refinamiento Continuo del Diseño Estructural:** Aunque se menciona que el diseño estructural se mejoró para abordar problemas de vibración, es recomendable continuar refinando el diseño para garantizar condiciones de trabajo óptimas y estabilidad. Esto puede incluir ajustes en la distribución de cargas, la exploración de materiales de amortiguación de vibraciones o la implementación de sistemas de control activo para contrarrestar la resonancia mecánica. Además, se podría considerar realizar pruebas adicionales para validar la estabilidad a largo plazo del prototipo en diversas condiciones de trabajo.

Con el objetivo de optimizar el rendimiento y la experiencia de usuario del prototipo de alisado de sombreros de paja toquilla, se propone la implementación de una interfaz interactiva mejorada. Esta mejora se centrará en tres aspectos clave: eficiencia energética, control del proceso y monitoreo de calidad.

**Panel de Control Energético Intuitivo:** Para abordar la preocupación sobre el consumo energético, se diseñará un panel de control que permita a los operarios monitorear y ajustar en tiempo real el rendimiento energético del prototipo. Este panel proporcionará información detallada sobre el consumo actual, alertas de eficiencia y sugerencias para optimizar el uso de energía.

Además, se integrarán controles automáticos para ajustar la potencia del motor según las necesidades del proceso, contribuyendo así a la reducción de costos y a la sostenibilidad.

**Sistema de Control de Proceso Personalizable:** La mejora en las propiedades mecánicas de los sombreros se logrará mediante un sistema de control más sofisticado. Se implementará un panel de control que permita a los operarios ajustar parámetros específicos del proceso de alisado, como la intensidad del impacto y la velocidad de las bandas. Esto proporcionará mayor flexibilidad para adaptar la máquina a diferentes tipos de sombreros, minimizando la reducción del espesor de los tejidos y mejorando la calidad del acabado. Además, se incorporará un sistema de retroalimentación en tiempo real para que los operarios puedan tomar decisiones informadas durante el proceso.



Sistema de Monitoreo de Estabilidad y Calidad: Para garantizar la estabilidad estructural a largo plazo y mantener altos estándares de calidad, se implementará un sistema de monitoreo continuo. Se integrarán sensores de vibración y cámaras de alta resolución en puntos estratégicos de la máquina. Estos dispositivos proporcionarán datos en tiempo real sobre la estabilidad estructural, permitiendo ajustes proactivos ante posibles problemas. Asimismo, se incorporará un sistema de inspección automática para evaluar la calidad del tejido antes y después del proceso, garantizando que se cumplan los estándares de espesor y durabilidad.

**RECOMMENDATIONS:** *Optimization of Energy Consumption: Given the information on the daily energy cost of the prototype, it is recommended to carry out a detailed evaluation of the possible improvements in energy efficiency. This could include searching for more efficient technologies, adjustments to engine design to reduce consumption, or exploring alternative energy sources. Reducing energy costs not only benefits economically, but can also have a positive impact on sustainability and environmental footprint.*

*Improvement in the Mechanical Properties of Hats: Since the smoothing process affects the thickness of hat fabrics, it is suggested to investigate methods to minimize the 5% reduction in thickness. This could involve adjustments to impact machine settings, exploring new materials, or applying protective coatings to preserve tissue integrity. Maintaining the original thickness of the fabrics could improve the durability and quality of the hats. Future improvements and evolution.*

*Continuous Refinement of Structural Design: Although it is mentioned that the structural design was improved to address vibration problems, it is advisable to continue refining the design to ensure optimal working conditions and stability.*

*This may include adjustments to load distribution, exploring vibration damping materials, or implementing active control systems to counteract mechanical resonance. Additionally, additional testing could be considered to validate the long-term stability of the prototype under various working conditions. With the aim of optimizing the performance and user experience of the toquilla straw hat smoothing prototype, the implementation of an improved interactive interface is proposed. This improvement will focus on three key aspects: energy efficiency, process control and quality monitoring.*

*Intuitive Energy Control Panel: To address concerns about energy consumption, a control panel will be designed that allows operators to monitor and adjust the energy performance of the prototype in real time. This dashboard will provide detailed information on current consumption, efficiency alerts and suggestions to optimize energy use. In addition, automatic controls will be integrated to adjust the motor power according to the needs of the process, thus contributing to cost reduction and sustainability.*

*Customizable Process Control System: Improvement in the mechanical properties of the hats will be achieved through a more sophisticated control system. A control panel will be implemented that allows operators to adjust specific parameters of the smoothing process,*

*such as impact intensity and belt speed. This will provide greater flexibility to adapt the machine to different types of hats, minimizing the reduction in fabric thickness and improving the quality of the finish. In addition, a real-time feedback system will be incorporated so that operators can make informed decisions during the process.*

*Stability and Quality Monitoring System: To ensure long-term structural stability and maintain high quality standards, a continuous monitoring system will be implemented. Vibration sensors and high-resolution cameras will be integrated at strategic points on the machine. These devices will provide real-time data on structural stability, allowing proactive adjustments to potential problems. Likewise, an automatic inspection system will be incorporated to evaluate the quality of the fabric before and after the process, guaranteeing that thickness and durability standards are met.*