

Facultad: FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES E INGENIERÍA			
Programa Académico Tecnología en operación y mantenimiento Electromecánico		Grupo(s) de Investigación DIANOIA	
Nombre del semillero /Sigla Semillero de Investigación en Tecnologías Disruptivas / GITEDI		Fecha creación: 06 de abril de 2016	Logo 
Líneas de Investigación Eficiencia energética y energías renovables • Control, automatización e instrumentación • Diseño, simulación y prototipado, • Mantenimiento e integridad de equipos, • Materiales y Nanotecnología, • Educación, pedagogía y didáctica		Regional: Barranca bermeja	
Áreas del saber *			
	1. Ciencias Naturales	X	2. Ingeniería y Tecnologías
	3. Ciencias Medicas y de la Salud		4. Ciencias Agrícolas
	5. Ciencias sociales		6. Humanidades

Información del Director del Proyecto

Nombre Luis Omar Sarmiento Alvarez	No. de identificación 91267002	Lugar de expedición Bucaramanga
Nivel de Formación Académica (Pregrado / Postgrado / Link de CvLAC) Ingeniería Eléctrica/ Maestría /Potencia Eléctrica http://scienti.colciencias.gov.co:8081/cvlac/visualizador/generarCurriculoCv.do?cod_rh=0000589608		
Celular 3002049762	Correo Electrónico lsarmiento@correo.uts.edu.co	

Información de los autores

Nombre	No. de Identificación y lugar de expedición	Celular	Correo Electrónico
Jhon Aleiser Leon Villarreal	1.096.218.831	3125499605	jhon_aleiser@hotmail.com
Wiston Julian Riveros Gil	1.096.208.573	3152590028	wiston_riveros@hotmail.com

2. Resumen del trabajo

En el presente trabajo de grado, se pretende implementar una máquina de bajo costo para polichar rocas de río con propósitos decorativos empleando el método de tumbling. Para el caso de estudio, se diseñaron todas las piezas correspondientes a la maquina empleando diseño asistido por SolidWork, posteriormente, los diseños fueron llevados al taller para la construcción y montaje del sistema de polichado. Como resultado, se obtuvo un prototipo que cumple con las expectativas ya que el método tumbling funciona en la práctica y la maquina presenta un buen funcionamiento, además, se destaca lo económica que es la construcción de la maquina con respecto a las encontradas en el mercado y que los materiales son de fácil acceso para la comunidad.

3. Objetivo General y Objetivos específicos:

General:

- Implementar una máquina de bajo costo para polichar rocas de río con propósitos decorativos empleando el método de tumbling.

Específicos:

- Diseñar una máquina para polichar rocas de río amorfas de 2 a 6 cm de diámetro por el método de tumbling con capacidad mínima de 10 kilogramos atendiendo variables medioambientales propias de la región del Magdalena Medio.
- Modelar en SolidWork las piezas de la máquina diseñada realizando análisis de esfuerzos y planos de construcción.
- Construir la máquina para polichar piedras de río siguiendo los planos de construcción empleando materiales durables y de bajo costo.
- Verificar el correcto funcionamiento de la máquina haciendo pruebas con duración mínima de 5 días empleando diferentes medios de pulido y relleno.

4. Análisis de resultados

En el presente trabajo, se presenta el desarrollo de una máquina de bajo costo para el polichado de rocas de río implementando el método tumbling, es por esto que se requiere diseñar y ensamblar la máquina para dar cumplimiento de los objetivos de este trabajo de grado. A continuación, se presenta el diseño en SolidWorks de cada una de las piezas de la maquina y posteriormente el ensamble del motor junto con todo el equipo de rodamiento.

Parámetros de diseño.

Para definir los parámetros del diseño, se tuvo en cuenta el diseño de la maquina tumbling para polichado de rocas desarrollado anteriormente por Gary Christensen (1973), en el cual emplea un sistema de rotación con dos ejes para sostener al tambor con la carga. Estos dos ejes son impulsados por un par de poleas, la primera acoplada a los ejes de rotación del tambor, y la segunda acoplada al eje del motor. El acoplamiento entre las dos poleas se produce a través de una correa y todo el sistema está apoyado sobre una estructura base que soporta, tanto al motor, como al tambor sobre los ejes y la descripción del diseño se presenta de la siguiente forma:

Base de la máquina.

En la Figura 5 se presenta un sistema funciona como soporte manteniendo el sistema equilibrado, garantizando una transmisión de energía constante que mantiene la tensión ideal de la correa aumentando la vida útil de las poleas y ahorrando energía eléctrica.

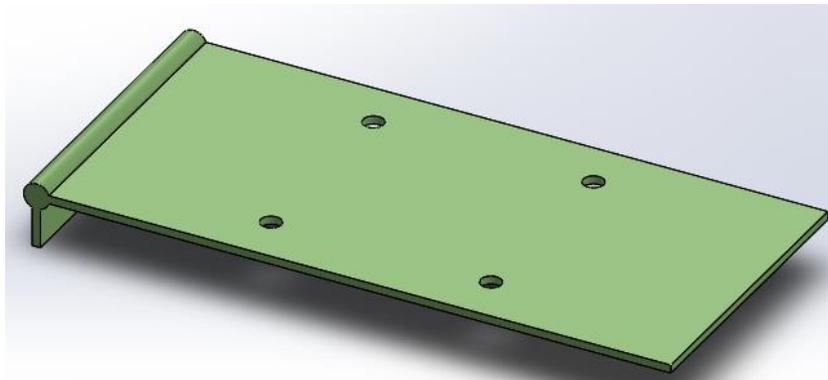


Figura 1. Diseño de la base del motor.

Estructura base del sistema.

La estructura presentada en la Figura 6, se diseñó a través de Angulo de 1/8 x 1 ½ milimétrico por 6 ML el cual es una figura angular de material acero con lados iguales, Platina o placa de metal con sección transversal rectangular de las siguientes especificaciones 1/8 x 1 ½, creando un cuadrado con dos laterales verticales paralelos para instalar los cojinetes y los ejes.

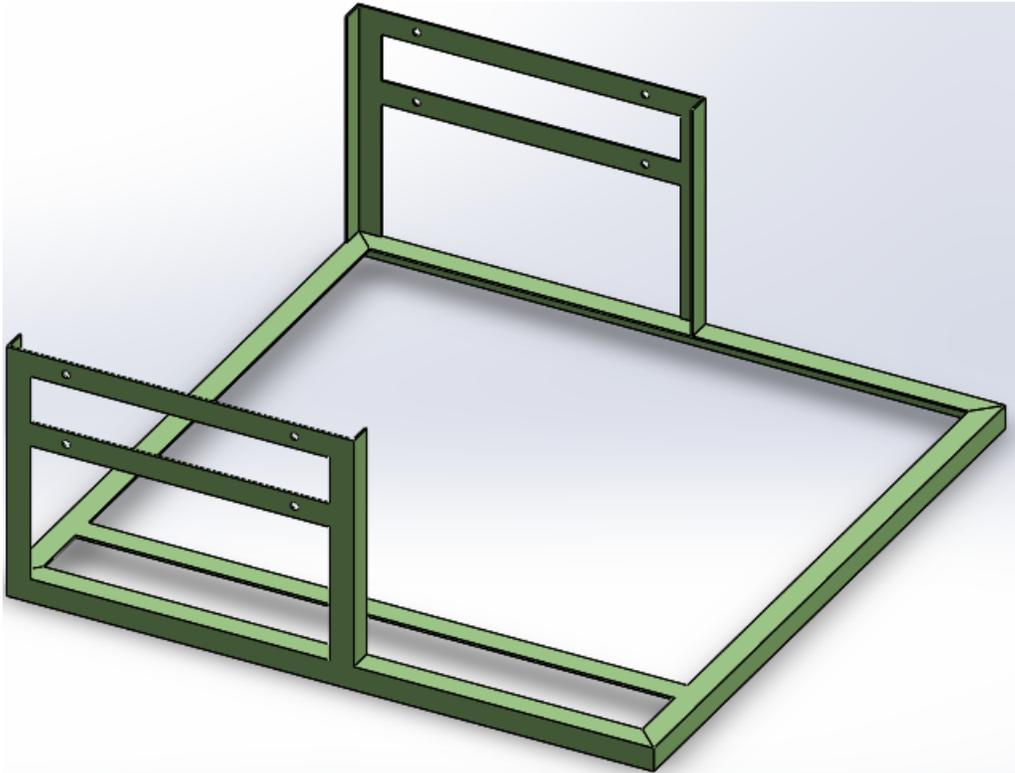


Figura 2. Diseño de la estructura del sistema.

Ejes de rotación.

Los ejes del sistema mostrados en la Figura 7 se obtuvieron de una varilla de acero para pozos, la cual se cortó en dos partes de igual longitud para crear un eje principal conectado al sistema de transmisión y un eje secundario paralelo al eje principal los cuales se llevaron al torno para su respectiva rectificación con el fin de lograr un correcto alineamiento al ubicar el tambor y permitir el funcionamiento del sistema.

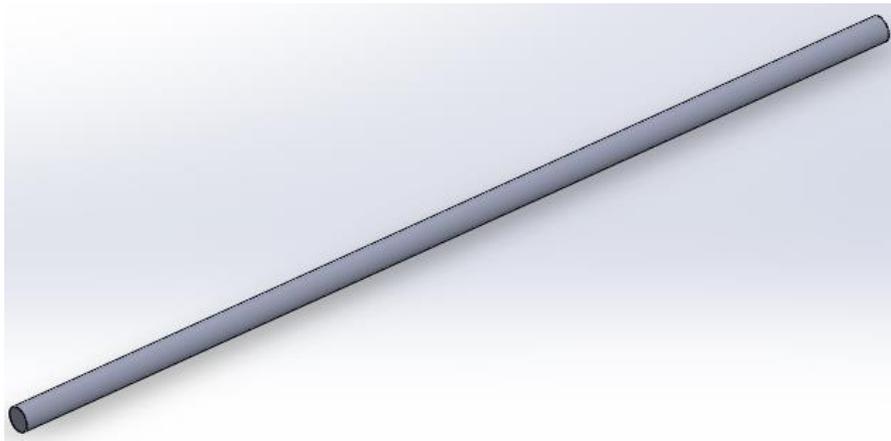


Figura 3. Diseño de los ejes de rotación.

Cojinete de bloque de almohada

El cojinete utilizado para la fabricación de la maquina es tipo bloque de almohada el cual es un rodamiento utilizado para ofrecer soporte a los ejes paralelos giratorios, estos cojinetes usados en el diseño son de $\frac{3}{4}$ "en material de hierro fundido.

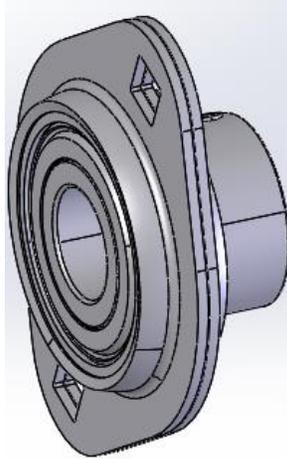


Figura 4. Diseño del cojinete de bloque de almohada

Los agujeros que se observan en la Figura 8, permiten ajustarlos y montarlos fácilmente a la estructura, es importante resaltar que para un buen funcionamiento los ejes deben coincidir con sus medidas, lo cual permite que el rodamiento se deslice en el eje y en la posición, permitiendo asegurar en el sistema de bloqueo.

Sistema de poleas.

Como se observa en el diseño, el sistema de transmisión está formado por un par de poleas situadas a cierta distancia. En la Figura 9, se presenta la polea motriz o conductora de 2 in está conectada a la salida de un eje movido por el motor.

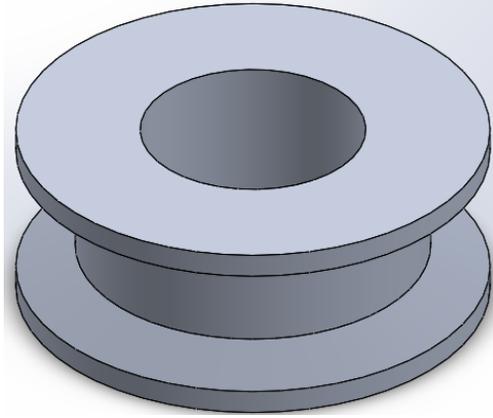


Figura 5. Diseño de polea de 2 In

El sistema cuenta con la polea dirigida o conducida de 10 in (Figura 10), está conectada a al eje principal en el cual encontramos la resistencia que se tiene que vencer transmitiendo el movimiento desde el eje de entrada o motriz hasta el eje de salida o dirigido mediante una correa.

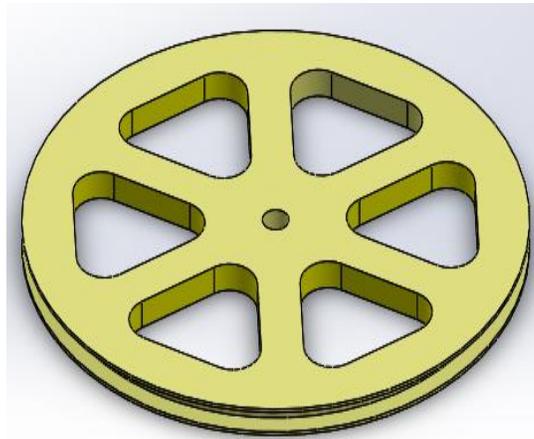


Figura 6. Diseño de polea de 10 In.

Correa en V tipo A.

Para transferir energía del eje motriz o conductor al eje dirigido o conducido se utiliza una correa en V tipo A con código 038 (Figura 11), esta es una correa altamente flexible y eficiente que tiene su sección transversal en forma de trapecio.

La ventaja de escoger este tipo de correa es que no requieren mantenimiento ni lubricación resolviendo problemas de deslizamiento y alineación.



Figura 7. Correa en V tipo A

Motor.

La máquina de rotación implementada, es un Motor USA (Figura 12), que requiere una conexión a la red de 110V en corriente alterna, con una potencia de 0,5 hp y opera a 60Hz.

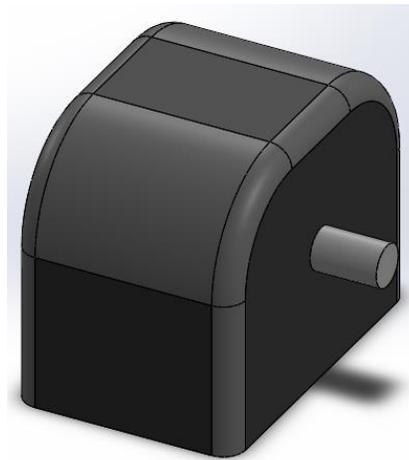


Figura 8. Diseño del motor.

Por otra parte, el motor cuenta con una protección térmica, clase de aislamiento (CL) tipo B, lo cual significa que su temperatura máxima admisible es de 130°C. al mismo tiempo, está diseñado para una temperatura ambiente máxima de 40°C y condensador de arranque de 189 – 227 MFD y tiene las siguientes especificaciones:

Tabla 1. Datos de placa del Motor USA.

Motor USA		
Voltaje [V]	RPM	Potencia [hp]
115	1725	0,5
Corriente [A]		Frecuencia [Hz]
9,3		60
Protección Térmica		Condensador de arranque
L CL. BAMB 40°C		189 -227 MFD

Soporte del tambor.

En la Figura 13, se presenta el soporte del tambor el cual se diseña siguiendo la funcionalidad del perno, que es un

tornillo con una parte liza y otra enroscada al remache usado, para sujetar piezas a una estructura como el tambor, garantizando el giro los ejes evitando desalinear la carga. Este soporte, lleva un recubrimiento por medio de un corte milimétrico de una manguera de lavado de $\frac{3}{4}$ x 300 psi, protegiendo los ejes y el tambor del rozamiento, armonizando la funcionalidad de la máquina.



Figura 9. Diseño del soporte del tambor.

Tambor de la máquina.

El tambor es diseñado con lamina de acero HR, el cual es un producto plano de acero obtenido por laminación en caliente de planchones. Cabe resaltar que, la lámina es de 1/8 " (120 x 240) con medidas de 30 x 30, por 2 unidades donde se cortaron en forma de circunferencia los dos extremos del tambor, luego se fabrica las 8 caras, como se muestra en la Figura 14, que componen el giro total del tambor y al implementar soldadura se hace el armado, conviene subrayar que ante las imperfecciones se hace una limpieza con pulidora y al finalizar con masilla metálica de 125 gr se pule para obtener un buen acabado liso sobre el armado del tambor.

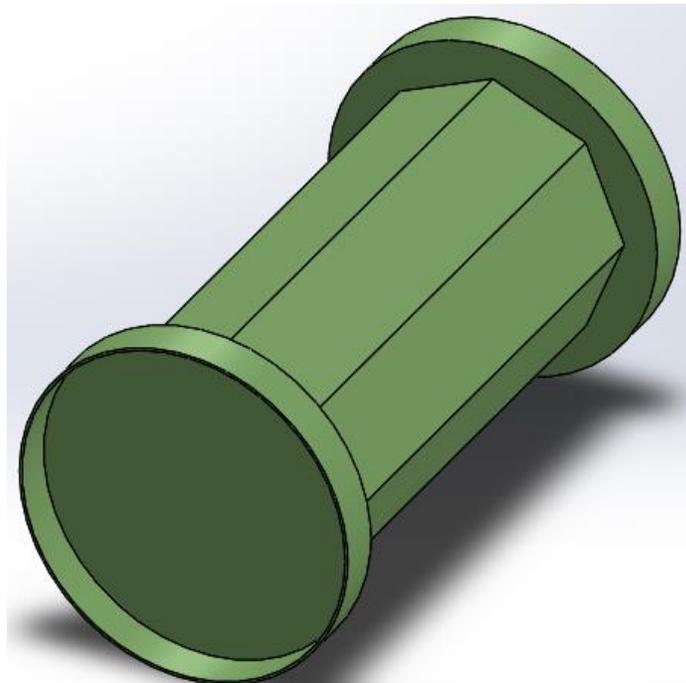


Figura 10. Diseño del tambor.

Tapa del tambor.

La tapa del tambor se fabrica con lamina HR de 1/8 "(120 x 240) y se presenta en la Figura 15, a la cual se le hacen 4 hendiduras en los extremos, con el fin de sellarla medio de 4 tornillos sujetados por soldadura al tambor.

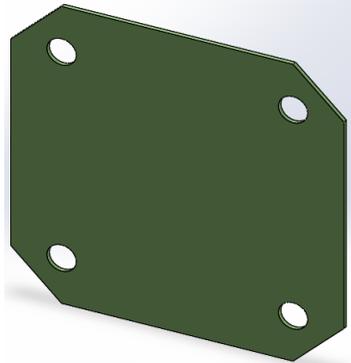


Figura 11. Diseño de la tapa del tambor.

Es importante mencionar, que esta tapa tiene un empaque de presión, que presenta un gran rendimiento al no permitir que se derrame la solución para polichar las piedras.

Finalmente, el diseño asistido por SolidWork completo y ensamblado se encuentra presente en la Figura 16.

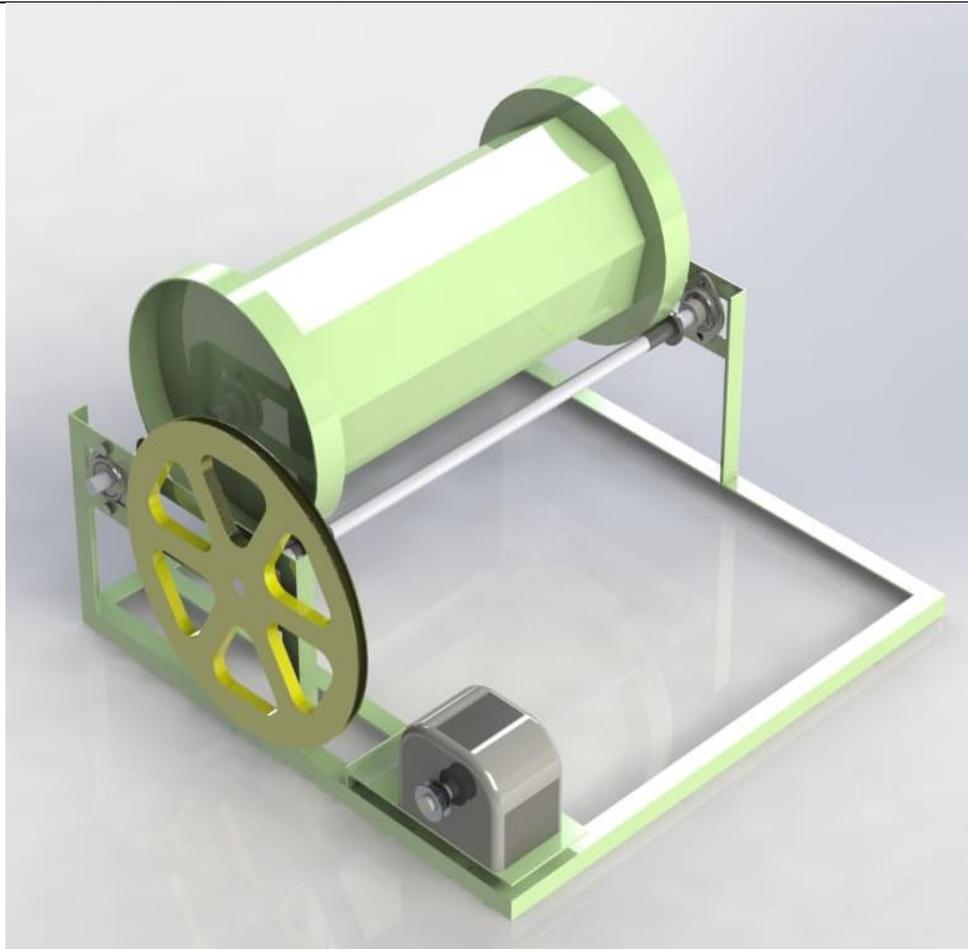


Figura 12. Diseño del ensamble de la máquina de polichado.

Prueba y procedimiento del polichado.

En esta sección, se presentan las imágenes correspondientes a la implementación del diseño final y el procedimiento para el polichado de rocas. Inicialmente, en la Figura 17 se presenta el resultado del tambor de 8 caras, el cual estando vacío tiene un peso de 9kg.



Figura 13. Tambor de 8 caras.

Por otra parte, el recipiente del tambor tiene un radio de 15cm y una profundidad de 49,9cm. Asimismo, los apoyos del tambor sobre el rodamiento tienen un radio de 30cm. Luego de la limpieza y pintado el tambor presentado en la Figura 18, se le atornilla la tapa en los 4 puntos.



Figura 14. Tambor limpio con la tapa instalada.

El diseño de la tapa es el presentado en la sección 4.1.10 y es elaborada con lamina HR, atornillada en 4 puntos y tiene un caucho en los bordes del tambor para que quede herméticamente cerrada.

Por otra parte, el ensamble de todas las piezas de la estructura base se muestra en las Figuras 19y 20 en donde se muestra lo siguiente:

- 1 - Platinas de la base
- 2 - Cojinetes ovaladas de $\frac{3}{4}$
- 3 - Ejes de rotación
- 4 - Motor
- 5 - Polea de 10 pulgadas
- 6 - Correa en V tipo A038
- 7 - Polea de 2 pulgadas en aluminio



Figura 15. Ensamble del rodamiento sobre la estructura base de la máquina de polichado de rocas, vista superior.

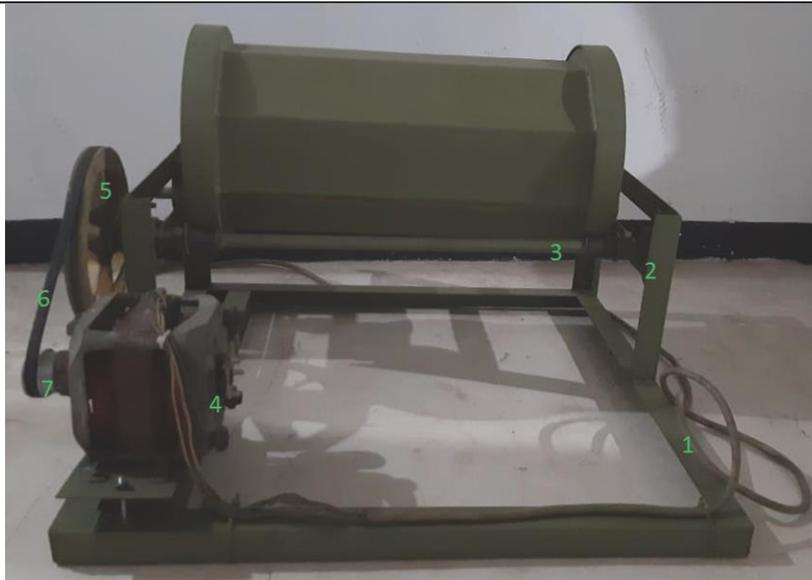


Figura 18. Ensamble completo de la máquina de polichado de rocas, vista frontal.

En cuanto al procedimiento para polichado de rocas, inicialmente se tomaron alrededor de 30 libras en piedras extraídas del río, a las cuales se les realizó el polichado (Figura 23).

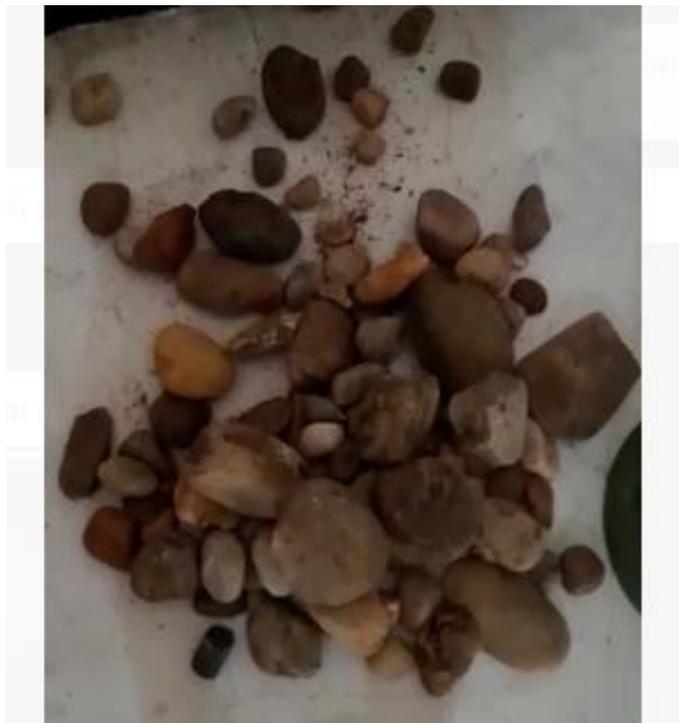


Figura 19. Materia prima extraída del río.

Para el proceso de polichado de rocas por el método tumbling, se seleccionaron aleatoriamente, rocas que juntas pesan 10,5kg (Figura 24). Se debe tener en cuenta que las piedras recogidas no tienen ningún tipo de lavado en particular antes de introducirlas al tambor, simplemente se les sacude para remover el exceso de tierra.



Figura 20. Rocas dentro del recipiente del tambor.

Seguidamente, en un recipiente aparte se disuelven 250 gr de bicarbonato y jabón detergente, en 3 lt de agua (Figura 25). Se debe procurar revolver hasta que quede totalmente disuelto y procurar hacerlo con las manos protegidas para evitar la corrosión en la piel. Después de verificar que la solución líquida está lista, se vierte dentro del tambor como se muestra en la Figura 26.



Figura 21. Solución líquida para el polichado.



Figura 22. Vertimiento de la solución en el tambor.

En el siguiente paso, se procede a sellar el tambor. Este cuenta con un caucho en el borde por donde se introducen las piedras y el líquido, para cerrarlo se atornilla la tapa en cuatro puntos, como se muestra en la Figura 27. Todo esto con el fin de evitar filtraciones de líquidos en el tambor, ya sea que este se encuentre detenido o en funcionamiento.



Figura 23. Sellado de la tapa del tambor.

Finalmente, el tambor cargado se lleva y se instala en la máquina sobre los ejes de rotación y el motor se conecta a la red de energía eléctrica a una tensión monofásica de 110V, como se presenta en la Figura 28.



Figura 24. Instalación del tambor y conexión de la máquina a la red.

Finalmente, el proceso de polichado de las rocas dura alrededor de 5 días, en los cuales el tambor gira sobre los ejes, de forma continua (sin apagar la máquina en ningún momento) con un contenido de 18 lb de rocas y 3 lt de la solución líquida y de acuerdo con la Ecuación 2 su giro es de aproximadamente 540 rpm.

5. Conclusiones

En definitiva, se cumplen con satisfacción los objetivos propuestos en este trabajo de grado, ya que el prototipo creado emplea las variables requeridas dentro de lo establecido en los objetivos, además de que se emplearon materiales con alta durabilidad y de muy bajo costo. Además, al verificar el funcionamiento de la máquina se obtuvo una roca polichada con rasgos físicos sobresalientes como su brillo, el resalto de detalles de la misma y otros atributos que la caracterizan.

Por otra parte, se presenta una alternativa no solo para el polichado de rocas, sino también para hacerle limpieza y recuperación a tuercas, tornillos o herramientas de trabajo que cuenten con un estado de oxidación considerable, o lavado de minerales y piedras preciosas.

Finalmente, implementar máquinas de tumbling en regiones como el Magdalena Medio resulta una idea interesante ya que, las familias que se albergan a orillas del Rio Magdalena, cuentan con la materia prima para este tipo de actividades artesanales. Además, al implementar una máquina con un costo bajo en construcción representa una ganancia tanto en tiempo de trabajo, como en dinero ya que resulta fácil polichar rocas y llevarlas al mercado para la venta.

6. Recomendaciones:

Reducir el impacto auditivo acondicionando el rodamiento y el tambor con membranas plásticas, como es el caso de llantas de vehículos y tratar de llenar el tanque reduciendo la zona de impacto entre las rocas y las paredes metálicas del tambor.

Analizar el consumo energético por horas de la máquina, lo cual representaría un costo por el uso de la red y tener una base de datos en la cual se lleve un histórico del consumo de la máquina, pues en caso tal de consumir más de normal podrían ser indicios de fallas en la parte eléctrica del motor.

Implementar un sistema de filtrado, en el cual se facilite la extracción de las rocas al finalizar el tiempo de polichado, sin necesidad de bajar el tambor del rodamiento, el sistema podría ser a través de una ventana lateral adaptada a una

de las paredes del tambor, de tal forma que se extraigan los líquidos proceso y posteriormente se evacuen las rocas polichadas.

7. Bibliografía:

Aranda Arzayus, L.A. y Ghitis Hoffstadt, J. B. (1989). Diseño y construcción de una máquina pulidora de pisos. Universidad Autónoma de Occidente. Recuperado de: <https://red.uao.edu.co/bitstream/10614/3599/1/T0001489.pdf>

Área tecnología. (s.f.). Motor monofásico. Recuperado de: <https://www.areatecnologia.com/electricidad/motores-monofasicos.html>

Blanco Romero, M.L. (2018). Metodología de diseño de máquinas apropiadas para contextos de comunidades en desarrollo. (Tesis doctoral). Universidad Politécnica de Catalunya. Recuperado de: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/121027/TMEBR1de1.pdf;jsessionid=72FA556AB4B2591FE21EA88755C3EDDA?sequence=1>

Castañeda. (1998). Estudio de las máquinas eléctricas para el ingreso para el ingeniero electrónica. Universidad Autónoma de Nuevo León. recuperado de: <http://eprints.uanl.mx/7222/1/1080087055.PDF>

Catarina (s.f.). Motoro monofasico de inducción. Universidad de las Americas Puebla. Puebla, Mexico . Recuperado de: http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lep/salvatori_a_m/capitulo2.pdf

CLR (2020). Variadores de velocidad: todo lo que necesitas saber sobre las cajas reductoras. Compañía Levantina de reductores. Recuperado de:

<https://clr.es/blog/es/variadores-de-velocidad/>

Christensen, Gary T. (1973). Rock Tumbler. United States patent. United States of America. Recuperado de: <https://patentimages.storage.googleapis.com/67/36/bd/797b840ea575dc/US3765131.pdf>

Contreras, Sánchez. (2010). Diseño y construcción de un banco de prácticas en motores eléctricos, como apoyo a la asignatura de diseño de máquinas LL. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, Colombia. recuperado de: <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2010/133923.pdf>

Florez García, J.C. (2012). Sistema de transmisión mecánica. (Tesis de pregrado). Universidad Mayor de San Andrés. Recuperado de: <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/15454/EG-1080-%20Flores%20Garc%C3%ADa%2C%20Juan%20Carlos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Gurú, Hiziroglu. (2002). Máquinas eléctricas y transformadores tercera edición. Oxford, Nueva York. Estados Unidos.

Gutierrez, A. (2010). Transmisión por correas y poleas. 358 - máquinas. Recuperado de: <https://sites.google.com/site/358maquinas/transmision-por-correas-y-poleas>

Medina Betancourt, R.I. y Rivadeneira Romero, R. P. (2010). Diseño y construcción de una máquina pulidora de engranes para el laboratorio de máquinas herramientas de la facultad de ingeniería mecánica. (Tesis de pregrado). Escuela Politécnica Nacional. Recuperado de: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2203/1/CD-2963.pdf>

MOTT, R. (2006). Diseño de elementos de máquinas. México: Pearson education

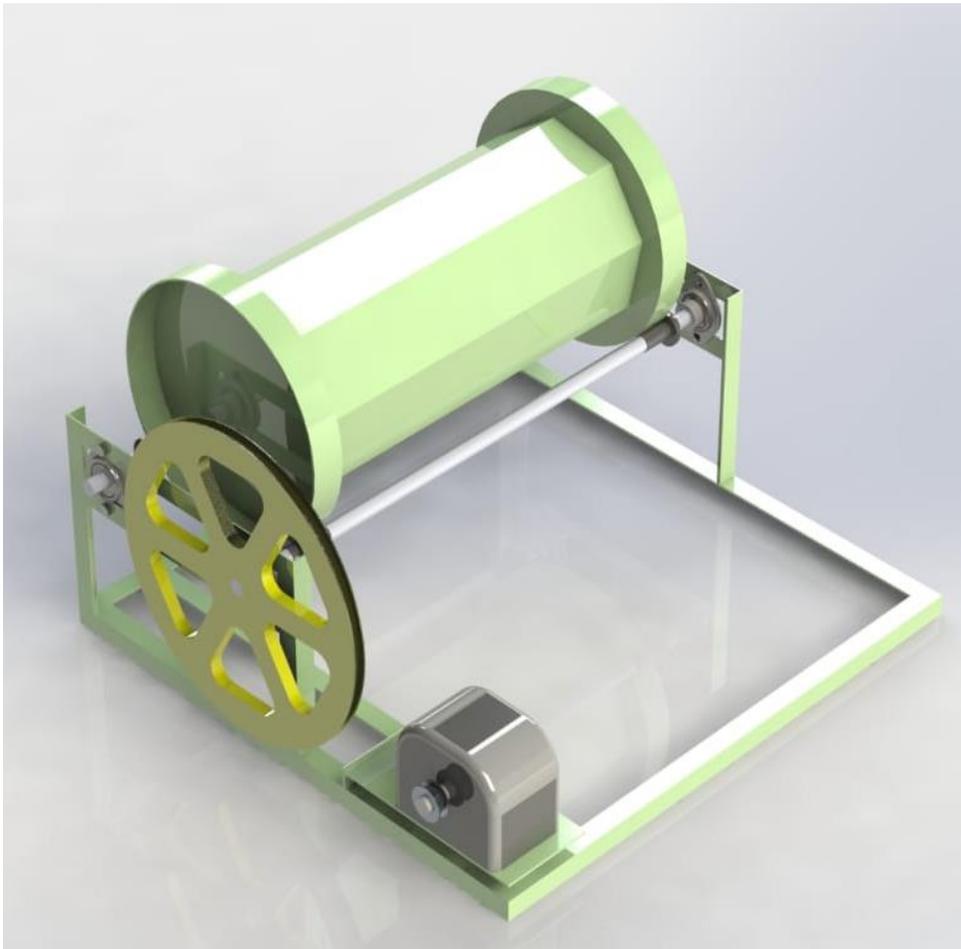
Mucciacciaro, D; Blum, A. (2001). Abrading and polishing tumbler. United States Patent. United States Of America. Recuperado de: <https://patentimages.storage.googleapis.com/ac/a7/0a/8f992dcc581acc/US6254466.pdf>

Paredes Chicaiza, J. A. (2012). El diseño asistido por computadora (cad) y su incidencia en el proceso de interaprendizaje de la asignatura de dibujo técnico en los estudiantes de décimo año de educación básica del instituto superior tecnológico docente guayaquil de la ciudad de ambato. (Tesis de maestría). Universidad técnica de Ámbito. Recuperado de: <http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/7149/1/Mg.DCEv.Ed.1639.pdf>

RockTumbler. (2020). Everything you need for rock tumbling. Recuperado de: <https://rocktumbler.com/>

- Rose, B. and Pauletto, M. (2004). *Rock and Stone Tumbling Apparatus*. United States Patent Application and Publication. Recuperado de: <https://patentimages.storage.googleapis.com/c0/29/b0/09132277efc4b8/US20040140381A1.pdf>
- SIEMENS. Eléctrica Training Courses - Basic of Control Componets. Recuperado de: <http://www3.sea.siemens.com/step/flash/components/index.htm>
- Soler, P. (2019). ¿Qué es un motor monofásico? Características, topologías y aplicaciones. S&P. Recuperado de: <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/motor-monofasico/>
- Videtich; Dalman; Koeman. (2010). Using a Rock Tumbler in Sedimentology Courses to Simulate Weathering and Erosional Processes. Grand Valley State University. Unite State Of America. Recuperado de: <https://scholarworks.gvsu.edu/fsdg/84/>
- Villegas. (2019). Artefactos, objetos artesanales de Colombia. recuperado de: <https://villegaseditores.com/artefactos-objetos-artesanales-de-colombia-piedra>
- Villajulca J. (2010). Variadores de velocidad de motores DC: Fundamentos. Instrumentación y control. portal web. Recuperado de: <https://instrumentacionycontrol.net/variadores-de-velocidad-de-motores-dc-fundamentos>
- Yu, F. (2016). TABLE TOP ROCK TUMBLER. United States Patent. United States Of America. Recuperado de: <https://patentimages.storage.googleapis.com/09/a3/ba/47e97fc862d131/US9421664.pdf>

8. Anexos:



* Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE)

** PA: Plan de Aula, PI: Proyecto integrador, TG: Trabajo de Grado, RE:Reda