

Aplicación de las Competencias Específicas en la Asignatura del Diseño Mecánico en Carreras de Ingeniería Mecánica

Rangel Aguilar Oscar✉, Flores Guerrero Mayra Deyanira, Ramírez Villarreal Daniel, Jesús Carlos Pedraza Ortega y Ángel Rolando Rivas Velázquez

Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica.

✉Oscar.rangelag@uanl.edu.mx, Oscar130@hotmail.com

Resumen

Para la aplicación de las competencias específicas en la asignatura del diseño mecánico en carreras de Ingeniería Mecánica es importante que se planee didácticamente los proyectos integradores de las unidades temáticas de la asignatura, como en este proyecto que se desarrolló del diseño de un molino de bolas para que trabaje continuamente de manera satisfactoria. Se requiere que el estudiante tenga las competencias específicas de análisis de conceptos como deformación y esfuerzos y diseño de los elementos mecánicos, aplicando teoría de deformación y de esfuerzos y del diseño en cada uno de los componentes a analizar y diseñar, en este caso en componentes del molino de bolas, otra de las competencias a desarrollar es su capacidad de proponer materiales y geometrías de las diferentes componentes, desarrollando un programa de análisis de esfuerzo y deformación aplicando Excel. Este trabajo contribuye a una formación de los estudiantes en el desarrollo de sus habilidades del pensamiento crítico y los procesos cognoscitivos que le permitan el logro de sus competencias específicas a través de un proyecto integrador del curso y vinculado a la práctica profesional, que demanda una planeación didáctica del profesor de la asignatura y actividades competenciales que logren transitar al estudiante de su zona de desarrollo actual a su zona de desarrollo próximo y potencial.

Palabras clave: competencias específicas, diseño, análisis, desarrollo, proponer, programar, planeación, didáctica, zona, próximo, potencial, actual, comportamiento, proyecto integrador.

Abstract

For the application of the specific competences in the subject of mechanical design in Mechanical Engineering careers, it is important that the integrative projects of the thematic units of the subject are didactically planned, as in this project that was developed of the design of a ball mill for to work continuously in a satisfactory manner. It is required that the student has the specific skills of analysis of concepts such as deformation and efforts and design of mechanical elements, applying theory of deformation and effort and design in each of the components to be analyzed and designed, in this case in components of the ball mill, another of the skills to be developed is its ability to propose materials and geometries of the different components, developing a program of stress analysis and deformation using Excel. This work contributes to a formation of students in the development of their critical thinking skills and cognitive processes that allow them to achieve their specific competences through an integrative project of the course and linked to professional practice, which demands a planning didactic of the teacher of the subject and competency activities that manage to move the student from their current development zone to their zone of proximal and potential development.

Keywords: specific competences, design, analysis, development, propose, program, planning, didactic, zone, next, potential, current, behavior, integrating project.

1. Introducción

El modelo educativo por competencias profesionales integradas en el plano académico implica promover condiciones y situaciones de aprendizaje que permitan: Integrar el aprendizaje a las condiciones reales de trabajo, identificar o construir condiciones de aplicación más reales, ubicados en un contexto global (por ejemplo, diferentes ejercicios de simulación, trabajos de campo, ensayos, tesis, proyectos integradores, etcétera). Diseñar experiencias de aprendizaje que permitan arribar a diferentes soluciones o a varias vías de solución [1].

El análisis de deformación y esfuerzos para el diseño del molino juega un papel importante en el diseño de los componentes de las máquinas, mecanismos y productos que estén expuestos a la acción de una o más fuerzas en su operación de trabajo. Por lo que, el estudiante debe mostrar un buen nivel de las competencias específicas previas a la asignatura de diseño mecánico, para que logre la comprensión de los nuevos conocimientos y habilidades de la misma.

En este trabajo presentado, como es el proyecto integrador que realizan los estudiantes, les concede la capacidad de comprensión que; los componentes que propongan de la máquina del molino de bolas, sean significativos y tengan sentido, para su función y que el conocimiento previo de los materiales y su comportamiento elástico en las componentes mecánicas aseguren un trabajo satisfactorio de ellos. A continuación, presentamos el desarrollo del proyecto integrador como una técnica didáctica significativa en el aprendizaje del diseño mecánico en ingeniería mecánica, en el que se puede demostrar las diferentes competencias específicas que logran los estudiantes.

En este proyecto se pretende realizar el análisis mecánico de deformación y esfuerzo en las componentes de un molino de bolas de 25 hp para reducción de tamaño de 100 a 20 mm, aplicando las teorías la curva elástica, [2], y las teorías de fallas de la Energía de la Distorsión o Von Mises Hencky[3].

Los molinos de bolas se utilizan para moler minerales y materiales de construcción, así como reducir el tamaño de materias primas en la industria química, de pinturas y cementera. En muchos casos típicos de diseño de molinos, es necesario que haya discontinuidades geométricas inherentes, para que cumplan con sus funciones asignadas. Como es el caso de tambor, engranes, catarinas o poleas para bandas, estos tienen varios diámetros, que originan una serie de hombros en el eje donde asientan los miembros transmisores de potencia y los cojinetes de soporte. Estos cambios se consideran en el análisis de esfuerzos [4].

2. Desarrollo

A continuación, se describe a través del diagrama de bloques la metodología a seguir en el proyecto integrador del curso.

2.1 Metodología

En la figura 1 se tiene los pasos metodológicos del desarrollo del estudio.

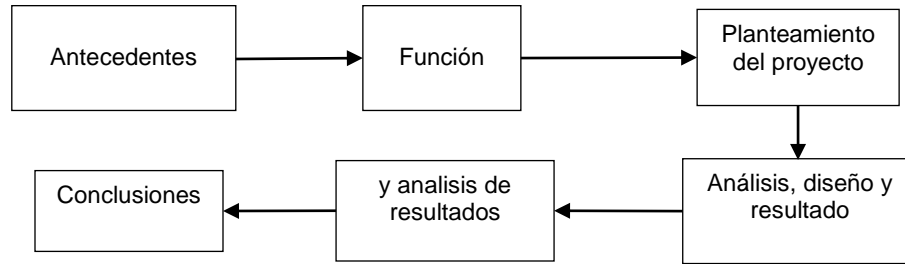


Figura 1. Metodología del desarrollo del estudio

2.2 Antecedentes.

El molino de bolas a analizar es un molino tipo *batch*, de alimentación abierta, este tipo de molinos son utilizados para obtener reducciones de tamaño del orden de 100 a 20 mm. Ver figura 1. Existen diversos parámetros para la selección de un molino de bolas, entre ellos, el más importante es el volumen de producción requerido y la capacidad en toneladas [5]. Basándonos en los modelos existentes en el mercado, se propone realizar el análisis mecánico de un molino de bolas con los siguientes parámetros propuestos: Capacidad molino: 4 toneladas. Diámetro del tambor= 0.9 m. Longitud tambor =1.8 m. Potencia motor=25hp (18.5KW)@1750 rpm. Velocidad tambor= 40 rpm. Velocidad de giro del eje.

Aquí los estudiantes logran las competencias de la indagación de antecedentes de los tipos de molinos, la lectura y comprensión de conocimientos en particular de los molinos de bola, para luego realizar el ejercicio de análisis y discusión de las posibles propuestas para su diseño [6].

2.3 Función.

La acción de moler se realiza mediante un cilindro horizontal rotatorio parcialmente lleno con bolas. Las bolas, por lo general de piedra o metal, muelen el material por medio de fricción e impacto al caer. El material entra por un lado al cilindro, se muele, y posteriormente sale del otro lado [7]. En este punto los estudiantes logran la competencia de comprensión de la función y visualización de información específica del molino como de su acción [8]. Como se ve en la figura 2.

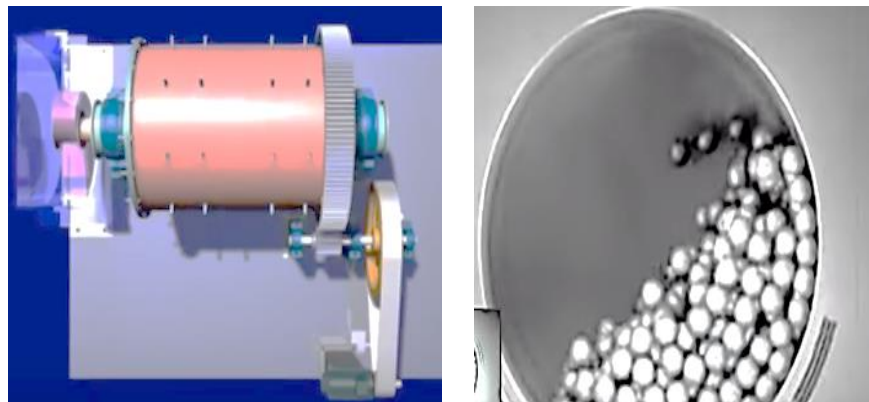


Figura 2. Molino de bolas.

Planteamiento del proyecto. La máquina será impulsada por un motor trifásico de c.a. con un par torsional normal, se considerará un tiempo de servicio del molino >12 hrs/día. Se utilizará primero un arreglo de banda en V, para transmitir la potencia del motor eléctrico; a la salida de la banda se

acoplará un eje para conectar la banda con un reductor de engranes, que hará girar el tambor. Este estará apoyado por dos cojinetes con contacto de rodadura. El estudio se realiza aplicando las teorías de fallas de la energía de la distorsión, todos los cálculos del análisis y diseño de cada componente fueron programados y realizados en Excel para su iteración posterior.

Componentes propuestas a diseñar del molino de bolas (Ver figura 3):

1. Motor
2. Transmisión por Banda
 - a. Banda V
 - b. Poleas
3. Eje principal.
4. Cojinetes (3).
5. Reductor Piñón-Engrane
 - a. Piñón tambor
 - b. Engrane tambor
6. Cojinetes tambor (2)
7. Eje tambor (2)
8. Alimentador a Tambor
9. Contenedor/Tambor
10. Salida.

En este punto se puede mostrar como los estudiantes se colaboran para plantear el proyecto, establecer recursos técnicos y propuestas del molino a diseñar, es decir la comprensión del diseño conceptual de la máquina, así como proponer teorías del diseño, manejo de recursos de programación y aplicación de software como el Excel para la memoria de cálculo y diseño [9].

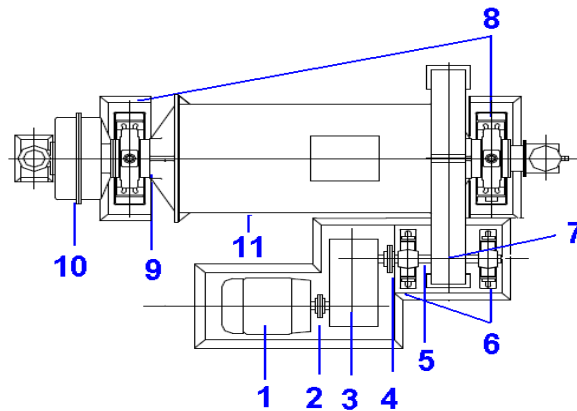


Figura 3. Propuesta del molino de bolas a diseñar.

3. Resultados

3.1 Análisis y diseño de las componentes de la máquina.

Trasmision por banda en 'v' geometria propuesta y selección de la banda. En la figura 4 se muestra la propuesta de la trasmision por banda realizado con el programa Solidwork. En este punto los estudiantes logran las competencias de análisis y diseño de las componentes de la máquina y proponen las componentes mecanicos de esta parte del molino [9].

Para ello aplicarán los conceptos de descomposición de la fuerza en una fuerza y un par [10], en las Fuerzas correspondientes F_1 y F_2 en la polea 'V' se resuelven al hacer el análisis de fuerzas, siendo el resultado el que se muestra en la tabla 1. También se calculó el factor de seguridad y la vida estimada de la banda 'v' los cuales se muestran en la tabla 2. En este punto muy significativo aplican sus conocimientos de teorías de la ciencia previas aplicados en este proyecto.

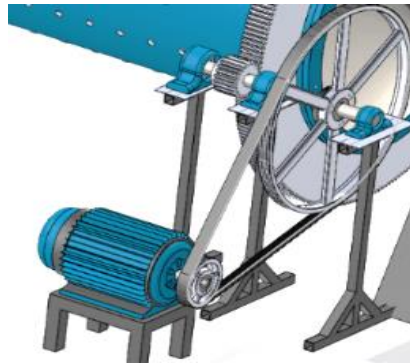


Figura 4. Trasmisión de potencia mecánica por medio de poleas – banda 'v'.

Tabla 1. Resultados del análisis de la banda 'V'

Longitud	36 in
Centro	35.19 in
Angulo de contacto 1	137.52°
Angulo de contacto 2	222.48°
Sección seleccionada	3VX
Potencia de la banda	10.4 hp
Numero de bandas	4

Tabla 2. Resultados del análisis de fuerzas en polea- banda 'V'

Fuerzas	Valor (Libras)
F1(tenso)	497
F2 (flojo)	170

3.2 Análisis de fuerzas y resultado en el eje del motor eléctrico.

En la figura 5 se muestran en la polea-banda V las fuerzas ejercidas por la banda, y en la tabla 2 los resultados que se obtuvieron del analisis de fuerzas en el lado tenso, fuerza F_1 y en lado flojo, fuerza F_2 . El motor eléctrico se selecciona de acuerdo a los procedimientos que marca el manual de la ABB de referencia empleado [11].

Conclusión de los resultados del análisis de fuerzas, en la tabla se obtuvo un factor de seguridad mayor a dos basado la resistencia a la cedencia del material, el recomendado para que el material trabaje elásticamente debe ser mayor de dos.

El análisis de esfuerzos en el punto crítico de la sección empotrada del eje de trasmisión, se realiza a través de la aplicación del método analítico realizados en el programa Excel obteniéndose los resultados que se muestran en la tabla 3, de los esfuerzos principales normales y cortantes y su dirección.

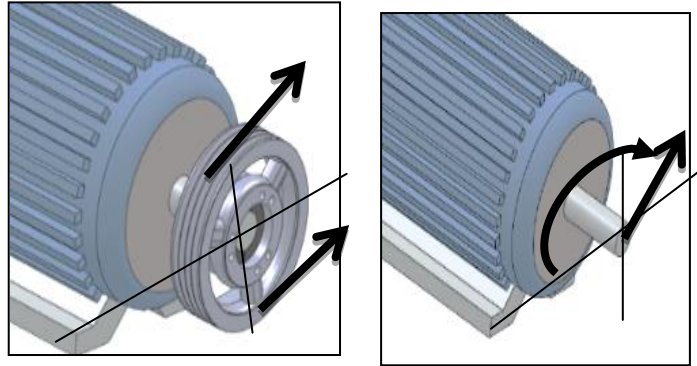


Figura 5. Resultados del análisis de la banda 'V'.

Tabla 3. Resultado del Análisis de esfuerzos en el eje del motor.

Esfuerzo	Valor psi	Dirección grados
σ_{max}	15 ksi	12.º
σ_{min}	-3 ksi	102º
T_{max}	6 ksi	63.º
T_{min}	-6 ksi	-27º

Los resultados de los esfuerzos principales son menores a la resistencia a la cedencia del eje del motor que es de 45000 psi [12], por lo que se asegura un comportamiento elástico del material.

3.3 Análisis de Fatiga del eje del motor y aplicación de la teoría de fallas de la energía de la distorsión [12].

En la tabla 4 se tienen los datos propuestos para el análisis de fatiga en eje del motor.

Tabla 4. Datos de análisis de comportamiento a la fatiga del eje del motor.

Datos del Análisis de Comportamiento a la fatiga	
Material Acero rolado en caliente	AISI 1045
Resistencia Maxima	78 ksi
Resistencia a Fatiga	39 ksi
Resistencia a Fatiga corregida.	33 ksi

De acuerdo a los resultados de este análisis de fatiga la vida del eje del motor en ciclos calculado de la tabla 5, es satisfactoria comparándola con la recomendada en el manual de motores eléctricos, [11], en el que se recomienda un valor mínimo de 7×10^8 ciclos de trabajo dando lugar a una vida útil de 19 años. En cuanto al factor de seguridad es mayor a 2 que es el mínimo recomendado para que el material tenga un comportamiento elástico.

Tabla 5. Resultados del análisis por fatiga.

Resultados del Análisis por fatiga	
Factor de seguridad	4
Vida en N (ciclos)	9.17×10^{10}
Vida útil (años)	19

De la tabla 7 los resultados en el área crítica es la B muestran un factor de seguridad mayor a 2 siendo el recomendado 2 por lo que es más segura la función de la banda y en cuanto a la vida estimada es mayor a la recomendada de 31/2 años [12], dando una mejor vida a la acción de las cargas variables.

3.6 Análisis de Fatiga del eje de la transmisión por banda y aplicación de la teoría de fallas de la energía de la distorsión para obtener el factor de seguridad del eje.

En la tabla 8 se muestran los datos propuestos para el análisis [12].

Tabla 8. Datos para análisis de fatiga en eje de transmisión.

Material Acero rolado en frio	AISI 1040
Resistencia Maxima	85 ksi
Resistencia a Fatiga corregida	35 ksi
Esfuerzo de trabajo	10.9 ksi
Resistencia a la cedencia	71 ksi

Resultado de la aplicación de la teoría de la energía de la distorsión para obtener factor de seguridad y cálculo de vida estimada a la fatiga [12], tabla 9.

Tabla 9. Resultados del análisis de fatiga en eje de transmisión por banda

Factor de seguridad	3.55
Vida en N (ciclos)	5.6×10^{10}
Vida útil (años)	60

La conclusión en este analisis de fatiga en el eje de transmisión principal según la tabla 9, es la vida del eje calculada en ciclos, siendo esta satisfactoria al dar una vida útil de 60 años. En cuanto al factor de seguridad es mayor a 2 que es el mínimo recomendado para que el material tenga un comportamiento elástico.

3.7 Análisis y diseño por Fatiga en los engranes rectos aplicando la teoría de fallas de la energía de la distorsión.

En la tabla 10 mostrada, se tiene los datos propuestos para los engranes rectos [12].

Tabla 10. Datos de los engranes rectos para su análisis y diseño.

Paso Diametral	4
Diámetro de paso piñón	5.5 in
Diámetro de paso corona	60 in
Número de dientes piñón	22
Número de dientes piñón	240
Ancho de cara	3.5 in
Velocidad angular Entrada	414.26 RPM
Velocidad angular Salida	38 RPM
Distancia entre centros	33.46 in
Tipo de engranes	rectos
Ángulos de presión	20 grados

En seguida se muestra en la tabla 11 los resultados obtenidos de las fuerzas en los dientes en contacto de los engranes rectos.

Tabla 11. Fuerzas en los dientes en contacto de los engranes rectos

Velocidad Lineal	596 ft/min
Fuerza Tangencial W_{tb}	1898 lb
Fuerza radial W_{rb}	691 lb
Fuerza resultante W	2019 lb

A continuación, se muestra en la tabla 12 los resultados del análisis de esfuerzos y cálculo de factor de seguridad por flexión y contacto en los dientes de los engranes rectos.

Tabla 12. Resultados de esfuerzos en dientes de engranes rectos.

Esfuerzos en el diente	Piñón	Corona
Esfuerzo de Flexión	16.3 ksi	12.8 ksi
Esfuerzo de contacto	106 ksi	106 ksi

Estos resultados obtenidos por las teorías del diseño de engranes rectos se aplicaran para resolver el factor de seguridad y vida útil de los mismos, dando lugar a los resultados mostrados en la tabla 13.

Tabla 13. Resultados del análisis y diseño de engranes rectos.

Factor seguridad, FS	10.98
Ciclos de vida propuestos N en ciclos.	8.8×10^9
Vida útil en años.	89

La conclusión en este análisis de fatiga en los dientes de los engranes rectos a diseñar resulta satisfactoria al dar una vida útil de 89 años. Ver tabla 13. En cuanto al factor de seguridad es mayor a 2 que es el mínimo recomendado para que el material tenga un comportamiento elástico.

3.8 Análisis, diseño y selección de rodamientos para los ejes de transmisión diseñados de la máquina.

Datos considerados: Servicio Diario, 12 horas/día, tipo de Cojinete Seleccionado: Una hilera de bolas con ranura profunda (Buena capacidad carga radial). Duración mínima deseada del diseño: 30,000 horas, Duración mínima deseada diseño: 745, 668,000 Revoluciones. Una vez realizado los calculos de la carga basica con ella se selecciono los tipos de rodamientos del eje de transmision a traves de catalogos y manuales de selección. En la tabla 14 se muestra los resultados de la selección y diseño de los rodamientos en el eje.

La conclusión en este análisis, diseño y selección de los rodamientos de los resultados en cuanto a la carga dinámica básica real calculada se concluye que es mayor que la dinámica básica del catálogo, para los rodamientos seleccionados asegurando un funcionamiento satisfactorio de los rodamientos A, C y E.

Tabla 14. Resultados de la análisis, diseño y selección de los rodamientos.

Rodamiento	Carga Dinámica Básica catalogo	Tipo Rodamiento	Carga Dinámica Básica real	Modelo Soporte
A	47890.25 N	6910 NSK	62 000 N	SNV110
C	28421.50 N	6210 NSK	35 000 N	SNV90
E	4722 N	6310 NSK	14 500 N	SNV072

Analisis, diseno y selección de tambor de bolas. En la tabla 15 se muestran los resultados del calculo de las fuerzas cortantes y momentos flectores en el tambor.

Tabla 15. Resultados de fuerzas cortantes y momentos flectores en el tambor.

Fuerzas cortantes, V, (libras)	Momentos flectores, M, (libras pulgadas)
V1=1305	M1=0
V2=214	M2=35108
V3=2637	M3=27089
V4=0	M4=0

3.9 Analisis de la deformación en el eje principal de trasmisión.

Aplicando la teoria de la curva elastica al a lo largo del eje de trasmision, como se muestra en la tabla 16.

Tabla 16. Resultados de la deformacion resultante localizacion y direccion del eje principal el molino.

Sección	Localización in.	Deformación Resultante (in)	Dirección (Grados)
A	36	0,000148143	4,57
B	24	2,30529E-12	1,42
H	22	1,26622E-05	0,40
G	18	3,44596E-05	0,27
C	14	3,77087E-05	0,36
D	4	2,13437E-05	2,69
E	0	0	0

La conclusión en este análisis de deformación resultante en el eje de trasmisión es la magnitud que se obtuvo en los cálculos para cada sección como se muestra en la tabla 15. Siendo los valores menores al recomendado de un valor de 0.01 in, lo que indica que el material del eje tiene un comportamiento elástico.

3.10 Analisis de resultados.

A partir del analisis de comportamiento de la deformacion resultante contra variable de localizacion y direccion en eje de trasmision principal del molino, presentado en la tabla 15. Se puede mostrar que las deformaciones son pequenas y que no son mayores a una decima de pulgada para lo cual el comportamiento del material se considera elastico, siendo la sección más deformada la A.

En cuanto a el estado de esfuerzo se tiene que todos los puntos criticos de las areas criticas del eje de trasmision trabajan elasticamente debido a que los esfuerzos principales en ellos son menores a la resitencia a la cedencia.

En los demás componentes como son la banda de trasmision, los cojinetes de los ejes de trasmision y el tambor del molino el analisis del diseno de cada uno de ellos dio como resultado que su comportamiento y funcionalidad fue satisfactorio,

En los análisis, calculo, selección y diseño de los elementos de máquinas anteriores, los estudiantes desarrollan las competencias procedimentales en la realización del diseño preliminar del molino de bolas donde las competencias específicas procedimentales significativas a lograr es el análisis, diseño, selección y cálculo de las variables de comportamiento, y parámetros geométricos, para lo cual se colaboran y realizan sinergias entre ellos, lo cual finalmente llegan a aprender a discutir los resultados percibidos, comprendidos y explicados por cada uno de ellos para así consensar las conclusiones del proyecto integrador, las cuales son; que el comportamiento del material en el eje de transmisión en cuanto a deformaciones es elástico y por tanto se asegura un funcionamiento satisfactorio del eje [14], [15], [16].

4. Conclusiones

En este trabajo de investigación en competencias específicas en la asignatura de diseño mecánico para las carreras en ingeniería mecánica, se concluye que los estudiantes lograron desarrollar las competencias específicas al pasar por los procesos de nivel básico y superior mentales como parte de la acción metodológica de la estructura organizacional de la asimilación del aprendizaje, al ser guiados por el profesor dentro del acto didáctico en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Se concluye por otra parte cómo los estudiantes logran el dominio de las competencias significativas en ingeniería mecánica como son: el análisis de variables de comportamiento y el diseño de componentes mecánicos, al aplicar su constructo al proyecto integrador como un ensayo para la preparación de su vida profesional-laboral.

Desde el punto de vista del proyecto integrador, lograron aprender como a través del análisis de los resultados de comportamiento de variables esfuerzo y deformación, parámetros de diseño y su discusión se aprendió argumentar y desarrollar el pensamiento crítico y lógico para presentar su posicionamiento en las conclusiones del mismo. Se desarrolló en aprendizaje de técnicas computacionales como es el Excel en la programación de un proyecto en ingeniería.

Referencias

- [1] Aldana, L. Evaluación por competencias, Universidad de la Sabana, Colombia. 2004.
- [2] Singer F. Mecanica de materiales. Mc Graw Hill, Mexico, decima edicion, 2010.
- [3] Norton R. Diseño de Maquinas, editorial Pearson, Mexico, cuarta edición, 2009.
- [4] Fentont D. The structural design of large grinding mills, with reference to shell-mounted bearings. Journal SAIMM. 2000
- [5] Mott R. Mecanica de materiales. Pearson, Mexico, novena edicion, 2011.
- [6] Gullieta L. Educación superior por competencias, constructivismo y tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC). Una visión integrada. Universidad católica Andrés Bello Venezuela. 2005
- [7] Barrientos G., Espejo L. Evaluación de las cargas de impacto en el interior de un molino SAG. Mecánica Computacional, Vol. XXII. 2003
- [8] Fariñas L. Teoría de la Formación por Etapas de las Acciones Mentales. Galperin, P. Ya. 1986. Universidad de la Habana. Cuba. 2012.
- [9] Fernandez A. Metodologías activas para la formación de competencias, Universidad politecnica de Valencia. Espana. 2006.
- [10] Beer F. y Johnston J. Estatica. Mc Graw Hill, Mexico, decima edicion, 2012
- [11] ABB Motor Quality Guide. Manual de seleccion. 2011.

- [12] Mott R. Diseño de elementos de maquinas. Pearson. Mexico cuarta edicion. 2010
- [13] CARLISLE Service Manual for Industrial V-Belt Drives” USA. 2012
- [14] Ávila J. y Tuirán R. La educación superior: escenarios y desafíos futuros. ANUIES. 2011.
- [15] García F. y Sabán V. Un nuevo modelo de formación para el Siglo XXI: la enseñanza basada en competencias. Barcelona, colección Redes. 2008.
- [16] D.G.E.S.T. Modelo educativo para el Siglo XXI. Formación y desarrollo de competencias profesionales. SEP. México. 2012.