

# Prototipo mecánico de máquina cortadora de cubre polvos de tipo CVJ.

## Mechanical prototype of CVJ type dust cover cutting machine.

Julián Alberto Oramas Nava (1).  
Estudiante Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.  
[119270102@tuxtla.tecnm.mx](mailto:119270102@tuxtla.tecnm.mx).

Juan Carlos Niños Torres\* (2). Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.  
[juan.nt@tuxtla.tecnm.mx](mailto:juan.nt@tuxtla.tecnm.mx).

Fernando Alfonso May Arrijoja (3). Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.  
[fernando.ma@tuxtla.tecnm.mx](mailto:fernando.ma@tuxtla.tecnm.mx).

Ignacio Arrijoja Cárdenas (4). Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.  
[ignacio.ac@tuxtla.tecnm.mx](mailto:ignacio.ac@tuxtla.tecnm.mx).

Roberto Carlos García Gómez (5). Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.  
[roberto.gg@tuxtla.tecnm.mx](mailto:roberto.gg@tuxtla.tecnm.mx).

María Guadalupe Monjarás Velasco (6). Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.  
[maria.mv@tuxtla.tecnm.mx](mailto:maria.mv@tuxtla.tecnm.mx).

\*corresponding author.

Artículo recibido en octubre 14, 2024; aceptado en noviembre 12, 2024.

### Resumen.

*El proyecto consiste en realizar el diseño, modelado y análisis de un prototipo de una cortadora de elementos mecánicos llamada cubre polvos que permita optimizar los tiempos del proceso de corte y mejorar la eficiencia y calidad en el proceso que se realiza para obtener los cubre polvos tipo CVJ (constant velocity joint). Actualmente este proceso se realiza de manera manual y el prototipo busca ser una alternativa para mejorarlo con la implementación de máquinas como la que se plantea.*

**Palabras claves:** Diseño mecánico, elemento finito, solidworks.

### Abstract.

*The project consists of carrying out the design, modeling and analysis of a prototype of a mechanical element cutter called a dust cover that allows optimizing the times of the cutting process and improving the efficiency and quality in the process carried out to obtain dust covers CVJ (constant velocity joint). Currently this process is carried out manually and the prototype seeks to be an alternative to improve it with the implementation of machines such as the one proposed.*

**Keywords:** Finite element, mechanical design, solidworks.

## 1. Introducción.

Dentro de todas las partes mecánicas de un vehículo, hay algunas que son más de conocimiento general y otras más específicas de las que muchos conductores pueden incluso no haber oído hablar. Sin embargo, ese desconocimiento no implica que no puedan causar problemas graves, como es el caso de los cubre polvos del coche.

La función del cubre polvos de ejes de transmisión es, como su nombre indica, protegen las juntas del polvo y la suciedad exteriores. Además, hacen que se mantenga en el interior la grasa que mantiene todo el sistema lubricado para que opere de manera eficiente.

Si se rompen, no hay una avería inmediata, pero se produce un deterioro progresivo que se traduce en el escurrimiento de la grasa, además de que entrará la suciedad (polvo, agua o tierra). Esto provocará un desgaste paulatino del sistema, que ocasionará incluso que el semieje se doble y deje de funcionar correctamente.

En el diseño mecánico existen algunas variables cuyo análisis se hace indispensable para poder lanzar un producto al mercado o incluso para poder empezar su construcción. Esto se refiere al estudio de esfuerzos y deformaciones que se presentan en una pieza o ensamblaje sujeto a cargas y restricciones. La obtención de estos resultados dará la información necesaria para saber si el material que utilizamos es el adecuado, para verificar la seguridad de nuestro diseño o para considerar reducir la cantidad de material y seguir trabajando con un buen factor de seguridad, además de predecir las características del sistema bajo condiciones de servicio (Shigley, 2008).

La ingeniería mecánica, plenamente consolidada en fundamentos físicos y matemáticos, ofrece métodos para resolver estas variables en un análisis estático y dinámico del modelo que es objeto de estudio, sin embargo, la resolución de problemas a “lápiz y papel” demandan demasiado tiempo, y posiblemente limitación en exactitud y optimización de resultados (Mirlisenna, 2016).



**Figura 1.** Cubre polvos de referencia (imagen propia).

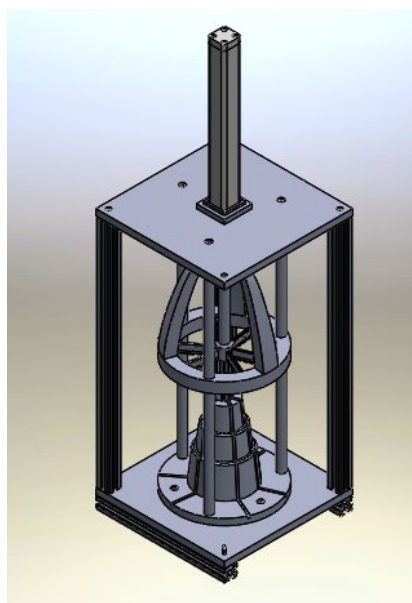


Figura 2. Prototipo de máquina cortadora de cobre polvos (imagen propia).

## 2. Métodos.

### Cálculos de tiempo de corte unitario.

En relación con la problemática planteada en este proyecto fue necesario realizar primeramente un estudio y monitoreo del tiempo total invertido en el proceso de corte manual que se hace en los cobre polvos de tipo CVJ (*constant velocity joint*) comparando con los tiempos usados en la misma actividad con los cobre polvos de tipo R&P (*rack & pinion*), para este método planteado se tomaron muestras de 40 piezas de cobre polvos con distintas características en geometría y peso, así también de forma aleatoria la actividad fue realizada por distintos operadores para tener una mayor certeza de los resultados.

Tabla 1. Muestreo de tiempos de corte manual.

Operador	Familia de pieza	Tiempo de corte (segundos)		No. Parte
Operador #1	R & P	Muestra – 1	40 seg	K0716
		Muestra – 2	38 seg	
	R & P	Muestra – 1	37 seg	K1118
		Muestra – 2	41 seg	
	CVJ	Muestra – 1	29 seg	K0668
		Muestra – 2	23 seg	
	CVJ	Muestra – 1	50 seg	K1535
		Muestra – 2	44 seg	
	R & P	Muestra – 1	40 seg	K1993
		Muestra – 2	35 seg	
	R & P	Muestra – 1	41 seg	K1634
		Muestra – 2	38 seg	

Operador #2	CVJ	Muestra – 1	44 seg	K1535
		Muestra – 2	45 seg	
	CVJ	Muestra – 1	50 seg	K0668
		Muestra – 2	44 seg	
Operador #3	R & P	Muestra – 1	43 seg	K1993
		Muestra – 2	51 seg	
	CVJ	Muestra – 1	34 seg	K0668
		Muestra – 2	31 seg	
	CVJ	Muestra – 1	41 seg	K0942
		Muestra – 2	35 seg	
	CVJ	Muestra – 1	30 seg	K1105
		Muestra – 2	33 seg	
Operador #4	R & P	Muestra – 1	47 seg	K1993
		Muestra – 2	44 seg	
	R & P	Muestra – 1	39 seg	K0668
		Muestra – 2	45 seg	
	CVJ	Muestra – 1	26 seg	K0942
		Muestra – 2	30 seg	
	CVJ	Muestra – 1	28 seg	K1105
		Muestra – 2	33 seg	
Operador #5	R & P	Muestra – 1	48 seg	K1993
		Muestra – 2	45 seg	
	CVJ	Muestra – 1	44 seg	K0668
		Muestra – 2	42 seg	
	CVJ	Muestra – 1	30 seg	K0942
		Muestra – 2	31 seg	
	CVJ	Muestra – 1	33 seg	K1105
		Muestra – 2	35 seg	

Con la cantidad de muestras que fueron evaluadas se plantea que puede obtenerse un promedio del tiempo que se requiere por parte de un operador el realizar el corte de una sola pieza, el valor se obtiene por la siguiente ecuación:

$$\frac{\text{Sumatoria de todos los tiempos de corte}}{\text{Número de muestras medidas}} = \text{Promedio Tiempo de corte ..... Ecuación 1}$$

Por lo tanto:

$$\text{Promedio tiempo de corte} = \frac{1520 \text{ seg}}{40} = 38 \text{ segundos}$$

#### Cantidad de piezas diarias cortadas.

Para obtener el número de piezas que se cortan en el área de control dimensional del departamento de calidad se obtuvo información histórica del proceso de producción y de control dimensional, considerando como un periodo de muestra de dos meses en los cuales se identificó una mayor cantidad en la producción, en resumen, se tiene el dato de 2,013 cortes de piezas de cobre polvos del tipo CVJ, para obtener el número de piezas cortadas diariamente utilizamos la siguiente ecuación:

$$\frac{\text{No.de piezas cortadas en el periodo}}{\text{No.de días totales del periodo}} = \text{No. Piezas cortadas diariamente} \dots\dots\dots \text{Ecuación 2}$$

Con los datos y la ecuación obtenemos:

$$\text{Piezas cortadas diariamente} = \frac{2,013 \text{ Piezas}}{60 \text{ días}} = 33 \text{ Piezas}$$

**Diseño del prototipo mecánico de máquina cortadora de cubre polvos.**

Para establecer el diseño de los diversos elementos mecánicos de la máquina se proponen los siguientes requisitos de uso:

- Operación: la forma de operar la máquina debe ser fácil y clara para el usuario.
- Seguridad: se requiere una implementación de sistema de seguridad para los operadores de la máquina.
- Reparación/Mantenimiento: El mantenimiento debe realizarse fácilmente sin herramientas especiales.
- Gestión: las dimensiones de la máquina (alto, ancho) deben ser adecuadas a las necesidades ergonómicas del usuario.

En cuanto a los requisitos funcionales, se proponen los siguientes:

- Condición: Debe ser operado y/o alimentado por una fuente, ya sea manual o eléctrica.
- Cortador: El cortador debe funcionar rápidamente para obtener tiras/secciones cortadas de buena calidad y el cuidado es importante para evitar mal corte en las piezas y pueda interferir en el control dimensional.
- Durabilidad: la construcción, componentes, métodos y materiales deben ser adecuados para evitar accidentes en las condiciones que pueden surgir por un mal uso de la máquina.

Y como últimos requisitos se proponen los estructurales, que serán:

- Número de piezas: Se reduce el número de piezas a 1 por corte para que solo se utilicen las necesarias para el trabajo.
- Unidad: Componentes como protectores y dispositivos mecánicos se pueden ensamblar sin herramientas especiales.

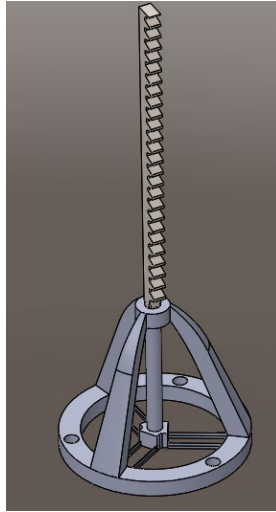
Con los requisitos identificados y analizados se procede a realizar la propuesta de diseño de los diversos componentes de la máquina, estos fueron creados con el software de diseño mecánico SolidWorks.

**Primera propuesta de diseño.**

Como primera propuesta la máquina cuenta con un mecanismo de piñón-cremallera como sistema de transmisión de potencia el cual está conformado además por dos engranes rectos, el engrane conductor para transmitir mayor fuerza al sistema y el engrane conducido para mejorar el desplazamiento de la cremallera y el sistema de corte bajo una mayor distancia, cada uno de los engranes está acoplado a un eje el cual está fijo a la parte superior del sistema de corte y de costado a la estructura de la cortadora para un mayor soporte, en la base de la cortadora tenemos una mesa de trabajo que es donde se colocará anclada la máquina cortadora para agregar seguridad y estabilidad a la máquina al momento del corte.

Así también como una opción, en la base de la cortadora se tiene un diseño de un cono de sujeción el cual está considerado para sujetar distintos tipos de cubre polvos del tipo CVJ de 3 secciones, por su forma y tamaño.

Para el sistema de corte, este cuenta con un soporte superior con muescas para las guías y así dotar de mayor estabilidad durante el corte, en la parte inferior se encuentran los soportes y un pivote central que tiene la función de sostener las cuchillas del sistema, en el apartado de las cuchillas se utiliza un sistema de 3 elementos dobles las cuales están colocadas estratégicamente a 120 grados una de otra, con una separación lineal entre una y otra de aproximadamente 22 mm la cual es una medida proporcionada para las secciones de los cubre polvos tipo CVJ de 3 secciones.

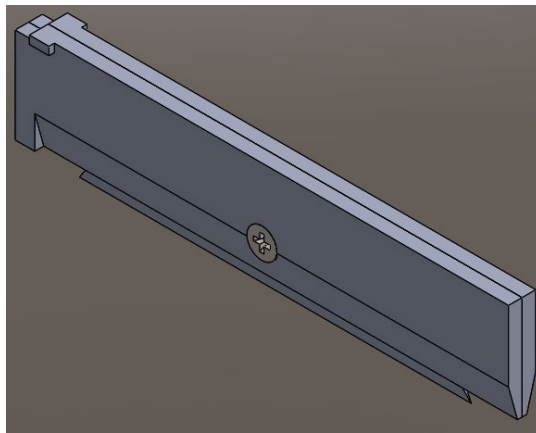


**Figura 3.** Primer prototipo de sistema de corte (imagen propia).

### Segunda propuesta de diseño.

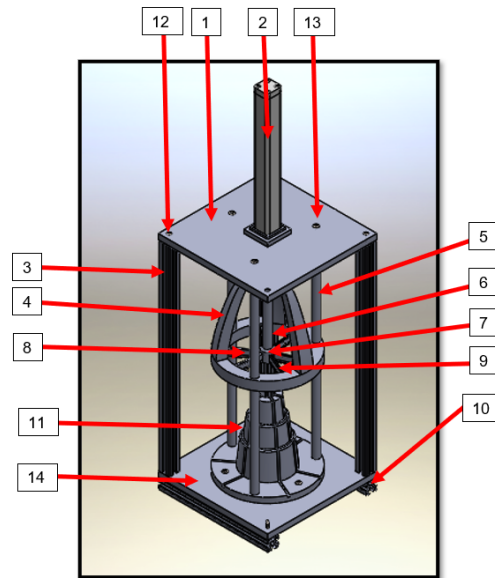
De acuerdo con una revisión en los diversos elementos de la máquina, se realizaron algunos cambios, como opción al sistema de movimiento se adicionó un mecanismo neumático con la finalidad de automatizar el proceso de corte con el uso de una alimentación de aire comprimido de alrededor de 10 Bares de presión, con esto se definió el uso de un actuador neumático con una fuerza de compresión aproximada entre 1,000 y 1,500 Newtons con 300 mm de carrera y una velocidad de 20 mm/s.

El cambio más relevante en este segundo diseño fue en el modelo de cuchilla de corte y de la porta navaja, para la sujeción de las navajas se realizó un soporte que brindara resistencia a las cuchillas además de proporcionar una guía de recorrido de corte de estas, lo anterior fue realizado con la finalidad de enlazar el elemento pivote con el tornillo fijador de las cuchillas.



**Figura 4.** Sistema de corte: porta navaja y cuchilla (imagen propia).

Con las diferentes propuestas de cambio en los elementos relevante del prototipo se propone el siguiente modelo:



**Figura 5.** Ensamble final y partes del prototipo (imagen propia).

Las características y cantidades de cada elemento se describen en la siguiente tabla.

**Tabla 2.** Elementos del prototipo mecánico.

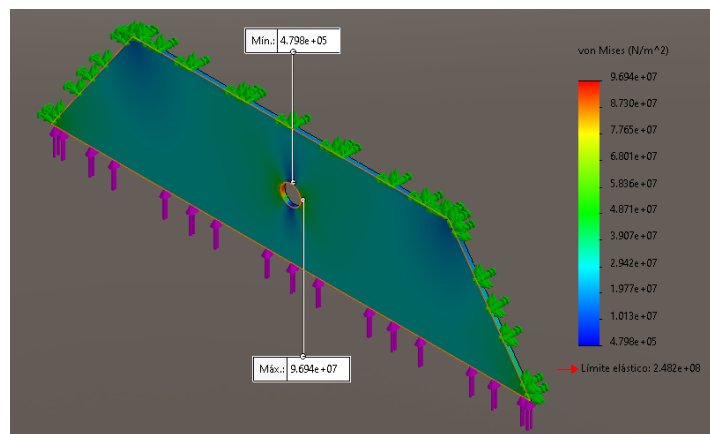
No. Del elemento	Nombre del elemento	Cantidad
1	Tapa superior	1
2	Actuador neumático	1
3	Perfil de aluminio de 30x30mm	4
4	Soporte superior	1
5	Guías del sistema de corte	3
6	Bastidor de sistema de corte	1
7	Pivote	1
8	Porta navajas	6
9	Cuchillas	6
10	Perfil de aluminio 30x30mm corto	2
11	Cono de sujeción	1
12	Tornillo M6 L25	8
13	Tornillo M8 L30	9
14	Base del cortador	1

### 3. Desarrollo.

Una vez obtenido el prototipo virtual de la máquina cortadora, se procedió a realizar la validación utilizando el método de elementos finitos a través del software Solidworks en el módulo Simulation para análisis y simulación, para ello se obtuvieron los resultados de los esfuerzos de Von Mises, desplazamientos y factores de seguridad de los elementos que se consideraron de mayor prioridad para asegurarnos un diseño eficiente y que cumpla con los requerimientos de diseño planteados al inicio del desarrollo del prototipo (3D CAD Portal, 2013).

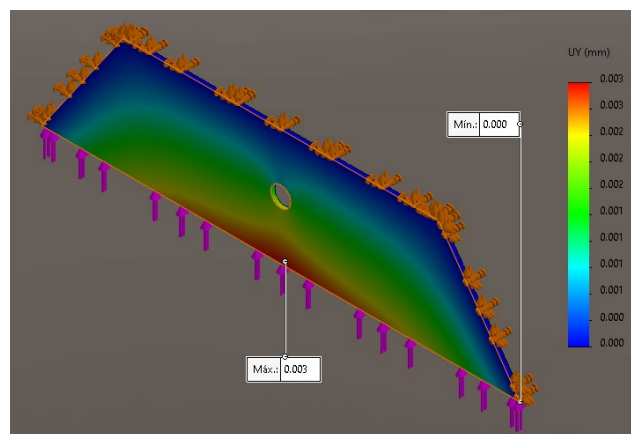
#### Análisis de cuchillas.

Debido a que estos elementos estarán en contacto directo con los cubre polvos, fue de vital importancia comprobar que el material y el modelo diseñado cumplen con los valores óptimos de acuerdo con los valores propuestos, en este caso las cuchillas son de acero al carbono, resultando que aproximadamente podrán resistir un esfuerzo máximo de Von Mises de 96.94 MPa ver figura 6.



**Figura 6.** Distribución de esfuerzos de Von Mises para la cuchilla (imagen propia).

Con respecto al desplazamiento en el eje Y que es en la dirección en la cual se hará el movimiento de corte, se obtuvo que habrá un desplazamiento de 0.003 mm, ver figura 7, lo que es significativamente bajo de acuerdo con la resistencia del material del que está propuesta la cuchilla.



**Figura 7.** Distribución de desplazamientos en dirección Y de la cuchilla (imagen propia).



Para realizar el cálculo del factor de seguridad necesitamos la siguiente ecuación:

$$\text{Factor de seguridad} = \frac{\text{Limite elastico del material}}{\text{Esfuerzo maximo de Von Mises}} \dots\dots\dots \text{Ecuación 3}$$

Reemplazando los valores obtenidos en Solidworks del módulo Simulation para los elementos diversos del prototipo obtenemos el siguiente resumen del análisis de piezas mecánico, ver tabla 3.

**Tabla 3.** Factores de seguridad del análisis de las principales piezas del prototipo.

Pieza	Factor de seguridad
Pivote	5.59
Cuchillas	2.56
Soporte superior	12.49
Porta navajas	1.29
Bastidor	2.03

De lo anterior observamos que al tener un valor mayor a 1, los componentes diseñados y analizados serán capaces de soportar las cargas reales sin presentar una falla estática, y se garantiza la resistencia de cada uno de estos componentes en funcionamiento real.

### Conclusiones.

El desarrollo del prototipo mecánico de la máquina cortadora de cubrepolvos ha demostrado ser una herramienta versátil para la optimización del proceso de corte de estos elementos mecánicos denominados CVJ. Con este prototipo se demuestra la capacidad de aplicar la teoría y tecnología avanzada para la solución de problemas del mundo real y sentar las bases para futuras innovaciones en ingeniería en este tipo de desarrollo tecnológico aplicado.

Como se ha observado a lo largo de este trabajo, el diseño de un prototipo de la máquina cortadora es un proceso complejo que involucra una combinación de conocimientos técnicos, creatividad y habilidades de resolución de problemas.

Concluimos que este análisis y desarrollo del prototipo de diseño mediante un software de CAD juega un papel muy importante en el concepto de Industria 4.0, es así como con el uso de prototipos virtuales se realiza una mejor predicción sobre la viabilidad de un diseño en un tiempo más corto.

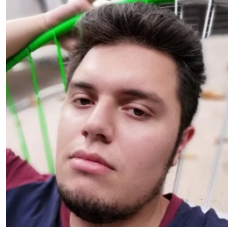
### Referencias bibliográficas.

**3D CAD Portal. (2013).** *3D CAD Portal*. Obtenido de CAD Portal: <http://www.3dcadportal.com/solid-works.html>.

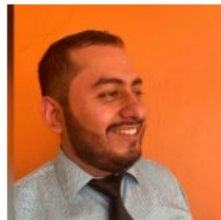
**Mirlisenna, G. (2016).** *Método de elementos finitos: ¿qué es?*. Recuperado el 22 de febrero de 2024, de: <https://www.esss.co/es/blog/metodo-de-los-elementos-finitos-que-es/>.

**Shigley. En J. K. Richard G. Budynas. (2008).** *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. Mexico: McGraw-Hill Educación. Recuperado en abril 2024.

### Información de los autores.



**Julián Alberto Oramas Nava**, es estudiante de la carrera de Ingeniería Mecánica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. Se encuentra realizando la residencia profesional, titulada “Diseño y simulación de máquina cortadora de cubrepolvos”. Cuenta con la certificación CSWA Solidworks en diseño mecánico.



**Juan Carlos Niños Torres**, es Ingeniero Mecánico egresado del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, cuenta con la Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecánica del Instituto Tecnológico de Celaya, así también con el Doctorado en Ingeniería Aplicada de la Universidad TENAM. Actualmente es Profesor Investigador del Departamento de Metal Mecánica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez y Jefe de la División de Estudios Profesionales del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez del 2017-2023. Cuenta con el perfil PRODEP 2022-2025 como miembro del Cuerpo Académico Ingeniería Mecánica en la línea de investigación de Diseño Mecánico. Es miembro del comité de evaluadores del Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería (CACEI A.C.) avalado por CIEES desde 2016.



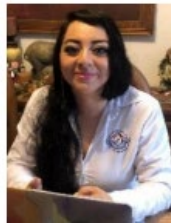
**Fernando Alfonso May Arrijoja**, Licenciado en Ingeniería Mecánica por el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Maestro en Energías Renovables por la Universidad Politécnica de Chiapas y Doctor en Ingeniería Aplicada en el Colegio de Formación Educativa Tenam. Profesor de Carrera Enseñanza Superior en el Departamento de Metal-Mecánica del TecNM/Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. Perfil Deseable desde 2016.



**Ignacio Arriola Cárdenas**, es profesor de tiempo completo y jefe de proyectos de docencia en el departamento de Metal-Mecánica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez/Tecnológico Nacional de México. Doctor en Ingeniería aplicada por el Colegio de Formación Educativa Tenam, Maestro en Ciencias en Ingeniería Mecánica por el Instituto Tecnológico de Veracruz, Maestro en Ciencias Físicas por Centro Mesoamericano de Física Teórica-Universidad Autónoma de Chiapas e Ingeniero Mecánico por el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.



**Roberto Carlos García Gómez**, Licenciatura en Ingeniería Mecánica, con tres posgrados: Especialidad en Mecatrónica, Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecánica, Doctorado en Procesos de Manufactura. Egresado del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, Jefe de Proyectos de Vinculación del Departamento de Metal-Mecánica, Docente del Departamento de Metal-Mecánica del TecNM/Instituto tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.



**María Guadalupe Monjarás Velasco**, Obtuvo el grado de Doctor en Sistemas Computacionales en 2012, el grado de Maestra en Ciencias de la Computación con especialidad en Sistemas de Información y Bases de Datos en 2009, terminó la carrera de Ingeniería en sistemas Computacionales en el año 2006, actualmente es Jefa del Departamento de Sistemas y Computación del I. T. de Tuxtla Gutiérrez desde 2016, asesora proyectos en concursos académicos. Miembro del comité Académico del ITTG.