



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



VERACRUZ
GOBIERNO
DEL ESTADO



SEV
Secretaría
de Educación



DET
Dirección de Educación
Tecnológica del Estado
de Veracruz



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE TANTOYUCA



**DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO
E INVESTIGACIÓN**

**“DISEÑO ERGONOMICO DE UN PROTOTIPO PARA EL
DEFIBRADO DE IXTLE (*AGAVE ANGUSTIFOLIA*) BASADO EN
LAS METODOLOGÍAS QFD, TRIZ Y RULA”**

TESIS

**PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRA EN INGENIERÍA INDUSTRIAL**

PRESENTA:

AURORA MARTÍNEZ MARTÍNEZ

DIRECTOR DE TESIS:

DRA. LIDILIA CRUZ RIVERO

CO DIRECTOR

DR. MIJAIL ARMENTA ARANCETA

TANTOYUCA, VERACRUZ

AGOSTO 2025



GOBIERNO DEL ESTADO DE
VERACRUZ
2024 - 2030

SEV
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN
DE VERACRUZ

SEMSyS
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN
MEDIA SUPERIOR Y SUPERIOR



FORMATO: AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN
DE TESIS DE POSGRADO

Tantoyuca, Ver., a 12 de agosto de 2025.

C. Aurora Martínez Martínez
PRESENTE:

De acuerdo al dictamen emitido por el jurado asignado para la revisión de su Trabajo Profesional, integrado por los siguientes catedráticos:

PRESIDENTE: Dra. Lidilia Cruz Rivero
SECRETARIO: Dr. Leobardo Mendo Ostos
VOCAL: Dr. Horacio Bautista Santos
SUPLENTE: Dra. Fabiola Sánchez Galván

Y considerando que cumple con todos los requisitos del reglamento de titulación en vigor del Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos, doy a usted la autorización para que proceda a imprimir su Trabajo de Posgrado para titulación por la:

Opción de "TESIS" cuyo nombre del trabajo es:

"DISEÑO ERGONÓMICO DE UN PROTOTIPO PARA EL DESFIBRADO DE IXTLE (AGAVE ANGUSTIFOLIA) BASADO EN LAS METODOLOGÍAS QFD, TRIZ Y RULA"

Lo anterior lo hago de su conocimiento para los fines correspondientes a su Examen de Grado de **Maestra en Ingeniería Industrial**, por lo cual deberá entregar al encargado de Titulación de Posgrado un ejemplar de su documento final de tesis empastado en color vino con letras doradas y cuatro CD's (debidamente rotulados) en archivo PDF, así como donar un libro (nuevo) de su LGAC al Centro de Información (Biblioteca).

Esperando que el logro del mismo sea congruente con sus deseos profesionales.

ATENTAMENTE
Dr. Julio Meza Hernández
Director Académico

C.c.p. Servicios Escolares.
Titulación de Posgrado



Distribución: Laredo-Tampolá 2/76, Col. La Noche, C.P. 93100, Méx. (+52) 729 683 2513 ext. 101
www.itsv.mx

R02/0820

F-PG-03



GOBIERNO DEL ESTADO DE
VERACRUZ
2024 - 2030

SEV
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN
DE VERACRUZ

SEMSys
SUBSECRETARÍA DE EDUCACIÓN
MEDIA SUPERIOR Y SUPERIOR



Tantoyuca, Veracruz a 12 de agosto de 2025

Yo, Aurora Martínez Martínez, alumno (a) de la carrera de la Maestría en Ingeniería Industrial, con numero de control M233S0004, por medio del presente declaro mi conformidad para ceder los derechos del proyecto: DISEÑO ERGONÓMICO DE UN PROTOTIPO PARA EL DESFIBRADO DE IXTLE (AGAVE ANGUSTIFOLIA) BASADO EN LAS METODOLOGÍAS QFD, TRIZ Y RULA, desarrollado en: Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca, durante el periodo comprendido del 01 de octubre de 2023 al 01 de septiembre del año 2025 del cual declaro:

- Que es inédito
- Que es de mi autoría y me hago responsable por su contenido
- Que autorizo al Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca para que, en el caso de que sea requerido pueda hacer uso libre de la totalidad del contenido del proyecto, para que sea desarrollado o divulgado en cualquier medio impreso o electrónico.
- El presente instrumento no contempla remuneración alguna por la transferencia de los derechos sobre dicho proyecto.

Lo anterior con el fin de que quede expresamente asentado mi consentimiento total a favor del instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca en todo lo relativo al proyecto en mención.

Para constancia firma:

Aurora Martínez Martínez

Nombre y firma del(a) alumno(a)

Vo. Bo.

Dra. Lidilia Cruz Rivero

Nombre y firma del asesor interno.



POR AMOR A
VERACRUZ

Desviación Lindero Tametate S/N, Col. La Morita, C.P. 92100, Tel: (+52) 789 893 2503 ext. 101
www.itsta.edu.mx

R01/0720

F-PG-07

Agradecimientos

En primer lugar, agradezco a Dios por la oportunidad que me brinda y por permitir cumplir con éxito una meta más en mi vida profesional. Gracias a mi esposo que me ha apoyado en la decisión que tome de seguir estudiando, gracias por nunca soltar mi mano y avanzar junto a mí en cada proceso que vivimos durante estos dos años.

Agradezco infinitamente a mi familia, a mi mamá y papá por siempre confiar en mí y mostrar su apoyo, a mis hermanos gracias por motivarme, a mis sobrinos y sobrina por verme como un ejemplo a seguir gracias por todo su amor y admiración.

Un agradecimiento especial a mi directora de tesis Doctora Lidilia Cruz Rivero por todo el apoyo brindado, desde el primer día que tuve la oportunidad de estar como su alumna en un salón de clases despertó la admiración y las ganas de querer aprender más sobre la ingeniería industrial.

Conachyt gracias por abrir una oportunidad y permitir que diera un paso más en mi vida profesional.

A mi amigo Norberto muchas gracias por compartir conmigo la información y por llevarme hasta el TecNM a los cursos.

Dedicatoria

A un ángel que en mi proceso se fue al cielo “mi Hermano mayor” a Él dedico este logro porque estoy segura que desde el cielo está muy orgulloso de mi.

Índice

Agradecimientos	4
Dedicatoria	5
Índice de Figuras	8
Introducción	9
Resumen	10
Abstrac	10
CAPITULO I	11
GENERALIDADES	11
1.1 Estado del Arte	11
1.2 Planteamiento del problema	13
1.3 Justificación	14
1.4 Objetivos	14
1.4.1 Objetivo General	14
1.4.2 Objetivos específicos	14
1.5 Hipótesis.....	15
1.6 Alcances y limitaciones	15
1.6.1 Alcances	15
1.6.2 Limitaciones	15
CAPITULO II	16
MARCO TEORICO	16
2.1 El Agave	16
2.1.1 Tipos de agaves.....	16
2.2 Despliegue de función de la calidad QFD.....	18
2.3 Teoría de resolución para problemas de inventiva (TRIZ)	19
2.4 Ergonomía.....	21
2.4.1 Clasificación de ergonomía	21
2.5 Antropometría	21
2.6 Desórdenes de trauma acumulativo	23
CAPITULO III	27
MARCO METODOLÓGICO	27
3.1 Tipo de investigación.....	27
3.2 Objeto de estudio.....	27

3.3 Población y muestra.....	27
3.4 Desarrollo Metodológico	28
3.4.1 Uso de RULA	28
3.5 Estudio ergonomico.....	41
3.6 QFD Despliegue de Función de la Calidad	42
3.7 Analisis 9 Ventanas de Triz	43
3.8 TRIZ (Teorija Rezhenija Izobretatelskih Zadach).....	44
Solid Works.....	47
CAPÍTULO IV.....	48
MARCO OPERATIVO	48
4.1 RESULTADOS OBTENIDOS	48
4.1.1 Uso del método RULA.....	48
4.1.2 Desarrollo del QFD.....	49
4.1.3 Elaboración de diseños conceptuales	50
4.1.4 Estudio antropometrico.....	56
4.1.5 Analisis 9 ventanas.....	59
4.1.6 Triz.....	60
4.1.7 Diseño final de prototipo.....	61
CAPITULO V.....	64
DISCUSIONES Y CONCLUSIÓN.....	64
BIBLIOGRAFÍA.....	66
ANEXOS.....	68

Índice de Figuras

Figura 1 Casa de la calidad.....	19
Figura 2 Esquema general de la metodología de TRIZ.....	20
Figura 3 túnel carpal se puede consultar en https://www.google.com/search?q=seccion+transversal+carpal&client=firefox-b-d&	24
Figura 4 Diagrama de la incomodidad del cuerpo humano Fuente: Niebel-Freivalds 2009	25
Ilustración 5 Tipos de agarre Fuente: Niebel-Freivalds 2009.....	26
Figura 6 Metodología de investigación Fuente propia.....	28
Figura 7. Medición de ángulos RULA Diego-Mas (2015)	29
figura 8. Grupos de miembros A y B RULA Fuente: Diego-Mas (2015).....	30
Figura 9 Medición de ángulos de flexión/extensión del brazo Diego-Mas (2015)..	32
Figura 10 Modificación de la puntuación del brazo Diego-Mas (2015).....	33
Figura 11 Medición del ángulo de antebrazo Diego-Mas (2015)	33
Figura 12 Modificación de la puntuación del antebrazo Diego-Mas (2015).....	34
Figura 13 Medición del ángulo de la muñeca. Diego-Mas (2015)	35
Figura 14 Modificación de la puntuación de la muñeca. Diego-Mas (2015).....	35
Figura 15 Puntuación de giro de muñeca. Diego-Mas (2015)	36
Figura 16 Medición del ángulo del cuello. Diego-Mas (2015).....	37
Figura 17 Modificación de la puntuación del cuello. Diego-Mas (2015)	38
Figura 18 Medición del ángulo del tronco. Diego-Mas (2015)	38
Figura 19 Modificación de la puntuación del tronco. Diego-Mas (2015).....	39
Figura 20 Puntuación de las piernas. Diego-Mas (2015)	40
Figura 21 Diagrama nueve ventanas (Juan-Rene-Martínez-Cruz 2014).....	44
Figura 22 Esquema general de la metodología de TRIZ. Coronado-Oropeza-Rico (2005).....	45
Figura 23 Matriz QFD desfibrador de Agave Angustifolia	49
Figura 24 Resultados de QFD	49
Figura 25 Prueba piloto 1. Fuente propia	54
Figura 26 Prueba piloto 2. Fuente propia	54
Figura 27 Prueba piloto 3. Fuente propia	54
Figura 28 Prueba piloto 4. Fuente propia	54
Figura 29 Pruebas de desfibrado de ixtle a través de los materiales propuestos. Fuente propia.	55
Figura 30 Fibra obtenida (Agave Angustifolia) Fuente propia.....	55
Figura 31 Toma de medidas a artesanos en Tantoyuca Veracruz Fuente propia. .	56
Figura 32 Vista frontal del prototipo desfibrador de ixtle. Fuente propia.	62
Figura 33 Vista alzada de prototipo. Fuente propia.....	62
Figura 34 Seguro de desfibrador con tabla base. Fuente propia.....	63
Figura 35 Bisagra en el costado del desfibrador. Fuente propia.	63

Introducción

En un mundo globalizado y absorbido por la tecnología es preciso cambiar o modernizar procesos para así poder enfrentar nuevos retos en un mercado competitivo sin temor al fracaso. La idea de diseño de un prototipo para el desfibrado de fibra de ixtle sin duda alguna sería un avance significativo para artesanos que se dedican a esta labor, así mismo se busca obtener un impacto positivo a la salud ergonómica ya que se buscará el método mayormente correcto.

El presente trabajo de investigación consiste en el diseño de un prototipo de desfibrado de ixtle para la ejecución de un trabajo artesanal a través de herramientas de ingeniería tales como ergonomía y calidad. Dichas herramientas que se utilizan son QFD, RULA y TRIZ.

El diseño que resultara de la investigación debe cumplir con ciertos parámetros de calidad y ergonomía para ello se requiere el estudio de percentiles donde para ello es necesario conocer el objeto de estudio, en este caso se trabaja con la población de artesanos que se dedican a desfibrar el agave *angustifolia* (ixtle), de la población se obtiene la muestra poblacional con la que se trabajó para así poder obtener las medidas de cada artesano y así poder realizar el estudio de percentiles y saber cuáles serán las medidas idóneas para el diseño del prototipo.

Para realizar el diseño del prototipo es necesario modelar en un programa de simulación en este caso de estudio se optó por usar SolidWorks el cual es un software que permite realizar el diseño a detalle y observar el funcionamiento del prototipo con la finalidad de conocer si los resultados son los esperados en el desfibrado de ixtle y que la fibra cumpla con las características físicas idóneas tales como: longitud, dureza, firmeza etc.

Resumen

La labor artesanal es un pequeño rubro en el mundo el cual no es apreciado como debería ser ya que por el trabajo que conlleva el poder desarrollar dicha labor haciendo uso de partes del cuerpo como lo son las manos, debería ser reconocido y obtener el valor que realmente merece, pensando precisamente en la fuerza que se requiere para poder obtener las fibras de ixtle (*Agave angustifolia*) lo cual trabajan artesanos de la localidad de Xilozuchil Tantoyuca Veracruz, se propone el diseño de prototipo para el desfibrado de ixtle ya que artesanos de la zona dedican sus vidas en la producción, desfibrado y obtención de diversas artesanías derivadas del ixtle tales como: morrales, cuerdas, bolsas, carteras, tortilleros, etc. Esta investigación esta enfocada en el diseño de un prototipo desfibrador de ixtle haciendo uso de herramientas de ingeniería Industrial como QFD, TRIZ, RULA por mencionar algunas para así cuidar la ergonomía de los artesanos y evitar futuros trastornos musculoesqueléticos.

Abstrac

The artisanal labor is a small sector of the world which is not much appreciated as it should be, because of the way this labor is done, making use of body parts such of hands, it should be recognized and get the value it deserves, thinking precisely in the power it requires to obtain the fiber of ixtle (*agave angustifolia*) in which the artisans work, in the community of Xilozuchil Tantoyuca Veracruz is been propose a design of prototype of a defibrillator of ixtle due because the artisans of the area dedicated their lives in the production, defibrillation and obtaining a variety of handcrafts that comes from ixtle like morrales, ropes, handbags, wallets, and tortilleros... the investigation is focused in the desing of a defibrillator prototype of ixtle making use of industrial engineer tolos like: QFD, TRIZ RULA, to mention some, for that to take care of the ergonomics of the artisans and avoid future musculoskeletal disorders.

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1 Estado del Arte

En México se elaboran artesanías utilizando diferentes fibras textiles de origen vegetal, tales como (henequén, ixtle, palma, yute) por mencionar algunas.

Dentro de la Huasteca Veracruzana específicamente en el municipio de Tantoyuca, al norte del estado de Veracruz, México, se encuentra la congregación de Xilozuchil en la cual la base de subsistencia es el consumo del maíz, junto con cultivos como palma (*Sabal mexicana*), ixtle (*Agave angustifolia*), plátano (*Musa paradisiaca*), frijol, chile, calabaza y chayotes entre otros (Reyes Betanzos 2009).

En un trabajo realizado por Tadeo, Vergara, Jimenez, Torres, Urquiza, (2022), se evaluaron propiedades mecánicas de biolaminados compuestos de fibra natural y reforzada con nanopartículas de óxido de zinc en diferentes porcentajes en peso. Materiales: Fibras de ixtle de 201 gramos por metro cuadrado, resina epoxy comercial biobasada con aceite vegetal epoxidado (EVO), nanopartículas de óxido de zinc (ZnO). Los biolaminados reforzados ZnO muestran un incremento en el valor de la carga máxima, el módulo elástico y la resistencia.

En una investigación llevada a cabo por Castillo Quiroz, (2013), se determinó el efecto de plantación con riego y fertilización de cinco procedencias de lechuguilla en las propiedades físicas y mecánicas de la fibra. Las propiedades físico-mecánicas de la fibra de lechuguilla no se afectan al producir la planta en plantaciones con fertilización nitrogenada y riego. Cuando la fibra demuestra tener una menor elongación en porcentaje y baja tensión, se debe a su fineza o delicadeza, por tal razón este tipo de estudio es de gran importancia, porque de acuerdo a las características del material por cada procedencia, podría definirse su uso particular (David Castillo Quiroz J. T., 2013).

En una investigación realizada por (Ma. Elia Esther Hoz-Zavala, Junio 2017) se identificaron diferentes tipos de suelo en donde se siembra el agave ya que al darle uso en sus diferentes rubros los desechos los vierten en el suelo al aire libre y esto ocasiona corrosión al suelo lo cual a su vez provoca que las cosechas pierdan propiedades afectando en gran medida a los subproductos que se obtienen de los diferentes agaves. En el estudio de comparación se puede observar que las características físicas de las fibras son distintas.

"La lechuguilla (*Agave lechuguilla Torr.*) es un recurso forestal no maderable que se utiliza para la obtención de fibra natural. Para su extracción se utiliza el desfibrado mecánico, después del tallado se desecha el 85% de la materia prima colectada, generando gran cantidad de residuos llamados localmente "guishe". El objetivo de la investigación fue desarrollar una metodología para la elaboración de composta a partir del guishe de lechuguilla (*Agave lechuguilla Torr.*) y tres residuos biológicos. Se evaluaron cuatro mezclas (Martinez, 2022) (Martinez, 2022).

En la investigación de Castillo Quiroz (2025), se diferencian los dos tipos de extracción de fibra, manual y mecánica, en la cual deja en claro que el proceso manual, aunque es más tardado la fibra que se obtiene es de mayor calidad a diferencia de la que se obtiene en el tallado mecánico ya que las fibras se rompen y se maltratan eliminando propiedades físicas a la fibra final.

Perez del Rio Rudel (2013) realizó el diseño y construcción de una máquina desfibradora de hojas verdes de *Agave angustifolia* Haw. En los resultados se obtiene una maquina desfibradora en la cual observaron que a mayor velocidad el desfibrado es de mayor calidad sin embargo por la velocidad que se maneja el operario también debería adquirir una mayor experiencia en el uso y así mismo mayor fuerza para manipular la maquina a través del pedal.

1.2 Planteamiento del problema

El trabajo artesanal se caracteriza por el uso de partes del cuerpo y herramientas manuales, esto con la finalidad de proporcionar valor agregado al producto final. En este caso de estudio se analiza el desfibrado artesanal que realizan artesanos de la congregación de Xilozuxil por medio de una herramienta manual llamada (*Jidab*) teniendo como materia prima el ixtle (*Agave angustifolia*).

Por medio de la observación de este trabajo artesanal se identifican diversos hallazgos que se mencionan a continuación: Uso de herramienta manual, tiempo excesivo, fatiga y posturas incorrectas al realizar el desfibrado, todo lo anterior causa diversos problemas que se describen en el siguiente párrafo.

El adoptar posturas incorrectas por tiempos prolongados puede ser causa de desarrollar diversas enfermedades o lesiones musculoesqueléticas tales como; (artritis, desgarres musculares, hernias, lumbalgia, torticolis, entre otras).

En la actualidad existen artesanos en diversos estados de México de los cuales Veracruz es uno de ellos, en la zona norte del estado, se encuentra ubicada la congregación de Xilozuchil perteneciente al municipio de Tantoyuca en donde artesanos se dedican a la elaboración de diversas artesanías tales como: morrales, tortilleros, monederos, bolsas, etc. Para la producción de estos artículos se requiere como principal materia prima la fibra de Ixtle (*Agave Angustifolia*), la cual se extrae de forma rudimentaria lo que provoca sobreesfuerzo en los operarios así mismo se pierde gran parte de la fibra debido a que es sometida a tirones excesivos que provocan la ruptura de la misma.

¿A partir del diseño de un prototipo desfibrador de ixtle es posible conservar las propiedades físicas y mecánicas de los filamentos, así mismo mejorar posturas y prevenir lesiones en los trabajadores en el proceso de extracción?

1.3 Justificación

Optimizar tareas existentes es una labor que sin duda alguna debe permanecer vigente. La idea surge a través de la observación a este medio de industria, actualmente existen personas dedicadas a la elaboración de artículos de ixtle sin embargo la manera artesanal en la que lo elaboran y producen los hace demorar demasiado aunado a esto se producen sobreesfuerzos al momento de extraer la fibra causando daños ergonómicos a los artesanos.

El diseño de un prototipo de una máquina extractora de fibra de ixtle ayudará a minimizar sobreesfuerzos, daños y lesiones en las personas que se dedican a la extracción de la fibra de ixtle, así mismo se busca optimizar el proceso ya que para extraer determinada cantidad de fibra se requiere de mucho tiempo y a su vez esfuerzo por parte del operario ya que la forma de realizar el desfibrado es muy rudimentaria, ellos utilizan fuerza de brazos y torso para tirar la penca e ir eliminando el bagazo de la fibra, el tallado manual en si es una tarea que suele ser tardada e incómoda, varios artesanos prefieren adquirir la materia prima de otras fuentes y evitar el tallado manual.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Diseñar un prototipo para el desfibrado de ixtle (*Agave angustifolia*) basado en las metodologías QFD y TRIZ para la reducción de riesgos de aparición de trastornos músculo-esqueléticos de acuerdo a la evaluación del método RULA

1.4.2 Objetivos específicos

- a) Analizar las características físicas y químicas de la fibra de ixtle.
- b) Diseñar el prototipo desfibrador de ixtle para ayudar a disminuir defectos y maltrato en la fibra.
- c) Analizar posturas con el método RULA para colaborar en la disminución de lesiones.

1.5 Hipótesis

El diseño de un prototipo mejora el proceso de extracción de fibra de ixtle, así mismo disminuye problemas ergonómicos causados por la postura al realizar dicha labor.

1.6 Alcances y limitaciones

1.6.1 Alcances

- Determinar el segmento de mercado al que va dirigido este estudio a través de un análisis estadístico.
- Estudio del proceso de obtención de fibra de ixtle.
- Uso de programas de simulación para poder observar y analizar el comportamiento del prototipo.

1.6.2 Limitaciones

- Existe poca información sobre el tema en estudio.
- Poca información por parte de los productores y artesanos.
- Poco conocimiento en el uso de programas de simulación.

CAPITULO II MARCO TEORICO

2.1 El Agave

El Agave (nombre botánico o científico) o Maguey (nombre común) pertenece a la familia de las agaváceas y dentro del reino vegetal es una de las plantas con mayor diversidad de usos, atribuyéndosele más de cien de ellos.

2.1.1 Tipos de agaves

a). Agave lechuguilla Torr. Distribuido ampliamente en el noreste de México, en los estados de San Luis Potosí, Zacatecas, Coahuila, Nuevo León, y Tamaulipas. La fibra de sus cogollos llamada ixtle es utilizada en la elaboración de objetos de jarcería, cestería y cordelería. Es de porte no mayor a 50 cm de altura, hojas lanceoladas de 20 cm a 35 cm de largo y 1.5 cm a 4 cm de ancho, color verde que varía de claro a oscuro según el medio; forma colonias de plantas (Parra Negrete, Villar Quiñones, & Antonio, 2010)

b). Agave angustifolia Haw. Se le considera como el ancestro común de todas las especies de hoja angosta, por lo que es la especie más distribuida en todo México, cambiando de nombre común según cada región. Del destilado de sus jugos cocidos se obtiene “Mezcal” y de su piña cocida el dulce llamado también mezcal o quiote. En Yucatán sus fibras son altamente apreciadas en la decadente industria ixtlera o henequenera para cordelería. Las plantas son altas variando de 1.2 m a 1.8 m, hojas de 80 cm a 130 cm de largo y 3 cm a 5 cm de ancho, color verde claro o glauco (Parra-del Villar-Prieto-2010).

c). Agave tequilana Weber, Var. azul. Se localiza principalmente en los estados que tienen la Denominación de Origen del Tequila: Jalisco, Nayarit, Michoacán, Guanajuato y Tamaulipas. Sus fibras son utilizadas sólo después de pasar por el proceso de producción de tequila, a las cuales se les llama bagazo o marrana y son utilizadas para composta, y eventualmente para relleno de colchonería y paneles

para construcción. Sus plantas son parecidas a las de la especie *A. Angustifolia*, antes descrita, variando principalmente en su color azul característico y un poco en la suavidad de sus hojas y en su porte más bajo. (Parra-del Villar-Prieto-2010)

d). *Agave americana*. También llamado maguey cenizo o blanco, se le encuentra en los estados del centro del país, su principal uso es para ornamento en jardinería, extracción de aguamiel, y sus pencas son poco utilizadas para forraje. En el sur del estado de Guanajuato es muy común y se han recogido testimonios de que de él se obtenían fibras muy resistentes utilizadas para hacer sogas, hondas y ayates. Son plantas de porte medio de 1.0 m a 1.4 m, con hojas de 80 cm a 120 cm de largo y de 15 cm a 20 cm de ancho, color verde glauco claro o grises. Son características sus hojas carnosas, y lisas o suaves al tacto (Parra-del Villar-Prieto-2010).

e). *Agave salmiana*. Esta es la especie de hoja ancha más distribuida en México, y se le considera el ancestro común de todas las especies de hoja ancha. Es uno de los dos agaves más utilizados para la producción de aguamiel y pulque, así como para forraje en verde, y sus pencas son preferidas para la elaboración de barbacoa y extracción de mixiote. Sus fibras fueron utilizadas en el pasado para la elaboración de ayates y piezas de uso diario como hondas, morrales, cordeles, etc. Según el ambiente llegan a ser plantas muy altas en madurez, variando de 1.5 m a 2.5 m, con hojas de 1.2 m a 1.8 m de largo y de 20 cm a 40 cm de ancho, su color varía de verde oscuro a verde glauco (Parra-del Villar-Prieto-2010).

f). *Agave mapisaga*. Se encuentra distribuido en los estados del Centro de México. Conocido comúnmente como maguey jilote, penca larga, manos largas o mano de chango, es el de mayor producción de agua miel, aunque de menor calidad que el de *A. salmiana*. Sus hojas son utilizadas como forraje y sus fibras en la elaboración de ayates y piezas de uso diario como hondas, morrales, cordeles, etc. En varios estados del centro llegan a ser plantas gigantes mayores de 2.5 m de altura, con hojas suculentas gruesas mayores de 2 m de largo, y con ancho de 12 cm a 20 cm, éstas tienden a curvarse hacia adentro en la parte final, y varían de verde glauco a verde oscuro (Parra-del Villar-Prieto-2010).

En la siguiente tabla se muestra una clasificación de características de los agaves con más similitud al ixtle (*agave angustifolia*) el cual es el objeto de estudio de esta investigación.

Tabla 1. Clasificación del agave

Tipo de agave	Proveniencia	Características	Autor
Agave lechuguilla (Torr)		Elongación máxima: 7.97 a 12.46%	Propiedades físico-mecánicas de la fibra de Agave Lechuguilla Torr, procedencias bajo plantación.
Agave Angustifolia Haw	San Baltasar Guelavila, Tlacolula, Oaxaca	RUT:324 ME: 17.5 %DEF: 1.99 Msnm:	Caracterización de propiedades mecánicas de fibras del agave Angustifolia Haw Magdaleno c. c. Luis Silva Santos, Isaí López Hernández, Armando José José

RUT: Resistencia a la última tracción

ME: Módulo de elasticidad

%DEF: Porcentaje de deformación

Msnm: metros sobre el nivel del mar.

2.2 Despliegue de función de la calidad QFD

Despliegue de función de la calidad (QFD) se define como: “la conversión de las exigencias del consumidor en características de calidad y el desarrollo de una calidad del diseño del producto terminado, mediante el despliegue sistemático de relaciones entre demandas y características, comenzando con la calidad de cada componente funcional y extendiendo el despliegue de la calidad a cada proceso. La

calidad total del producto se logra a través de la red de relaciones (Escobar, Rodríguez, & Velasco, 2005)

Los objetivos principales para el desarrollo de la matriz son los siguientes:

- Identificar las necesidades del cliente.
- Determinar oportunidades competitivas.
- Determinar requerimientos y especificaciones del diseño.
- Determinar requerimientos para futuros estudios.

La casa de calidad consta de 8 áreas fundamentales como se muestra en la ilustración número 1.

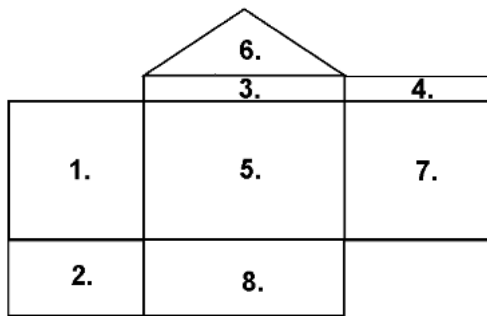


Figura 1 Casa de la calidad

1. Vector de requerimientos del usuario.
2. Vector de evaluación técnica.
3. Vector de características de calidad.
4. Vector de factores de evaluación.
5. Matriz de correlación.
6. Matriz de sensibilidad.
7. Matriz de evaluación.
8. Matriz de puntuación

2.3 Teoría de resolución para problemas de inventiva (TRIZ)

TRIZ, acrónimo del idioma ruso, de las palabras: Teorija Rezhenija Izobretatelskih Zadach y en español Teoría de resolución para problemas de inventiva. El método

fue desarrollado en la antigua Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas por el doctor en Ingeniería mecánica, Genrich Altshuller (Maldonado, Monterrubio, & Arzate, 2005).

La teoría consiste en descubrir las principales contradicciones en un problema de innovación tecnológica o la necesidad de generar un invento, dichas contradicciones se dividen en:

- a) Contradicciones técnicas.
- b) Contradicciones físicas.

En la matriz se proponen 39 parámetros o características de cualquier sistema tecnológico, así como 40 principios para inventar o innovar, mismos que son la base de contradicciones.

El esquema general que aportó el Profesor Altshuller para resolver un problema particular de inventiva o innovación tecnológica.

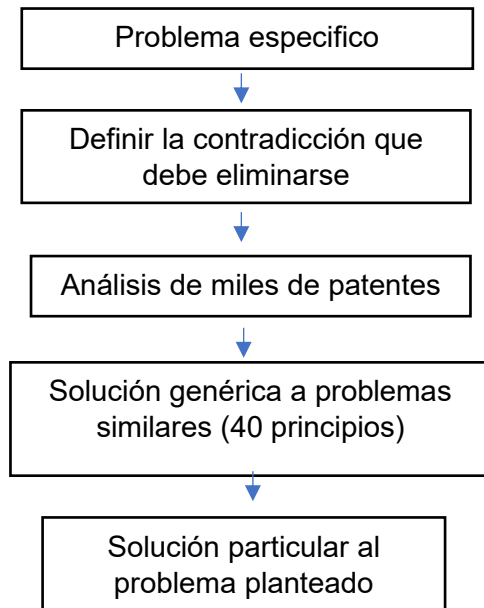


Figura 2 Esquema general de la metodología de TRIZ.

2.4 Ergonomía

La ergonomía es una herramienta que permite realizar diversos procesos de diseño, la cual ayuda a evaluar de mejor manera la relación existente entre usuario y objeto; así como afecta el diseño de máquinas y dispositivos, las capacitaciones y limitaciones de los usuarios de estos (Pérez, 2021).

La definición de ergonomía para el diseño industrial se define como la disciplina que estudia las relaciones que se establecen entre el usuario y los objetos que se usan para desempeñar una actividad. Se propone el trinomio usuario-objeto-entorno (C. Flores 2001).

Ciencia que pretende adecuar el puesto de trabajo al hombre que debe realizarlo, de forma que uno y otro sea confortable, seguro eficaz y fácilmente comprensible (Hernández, 2010).

2.4.1 Clasificación de ergonomía

C. de Pablo Hernández (octubre 2010) clasifica la ergonomía de la siguiente manera.

- Ergonomía geométrica posicional
- Ergonomía geométrica de seguridad
- Ergonomía dinámica operacional
- Ergonomía ambiental
- Ergonomía psicosocial

2.5 Antropometría

Ciencia que se encarga de las mediciones comparativas del cuerpo humano, sus diferentes partes y sus proporciones corporales. La antropometría tiene relación estrecha con el diseño industrial (Pérez, 2021).

Antropometría es la disciplina que describe la diferencia de todas las medidas cuantitativas del cuerpo humano, estudia las dimensiones tomando como referencia distintas estructuras anatómicas, la antropometría es una herramienta que es de

utilidad a la ergonomía con el objeto de adaptar el entorno laboral a la persona que labora (Hernández, 2010).

Con las medidas cuantitativas se puede obtener los siguientes datos:

- Anchura: Línea recta que se mide de forma horizontal de un punto a otro.
- Curvatura: Se mide de un punto a otro siguiendo un contorno que no suele ser cerrado.
- Alcance: Medida que se toma al largo a partir de la extremidad superior o inferior.
- Circunferencia: Medida cerrada del contorno del cuerpo.
- Distancia: Línea recta que se obtiene de un punto a otro entre dos marcas del cuerpo.
- Grosor: Se mide de forma horizontal de un lado a otro, de delante hacia atrás del cuerpo.

La metodología antropométrica fue desarrollada por Behnke Jr., Hebbelinck y Ross, actualmente es usada para el análisis de la composición corporal, el somatotipo y la proporcionalidad (Sirvent-Belando & Chamorro, 2009).

Según la Real Academia (2014) la antropometría se encarga del estudio de las porciones y medidas del cuerpo humano.

Según (C. De Pablo Hernández octubre 2010) la antropometría se divide en dos tipos depende de la función.

- Antropometría estática: Se encarga de tomar medidas de las diferencias estructurales del cuerpo humano en distintas posiciones.
- Antropometría dinámica: Valora el resultado del movimiento muscular y la forma de trabajo, en relación a su comportamiento en la tarea realizada.

Para realizar la toma de medidas antropométricas es necesario cumplir con ciertos protocolos y usar instrumentos propios para las mediciones requeridas (Torres Pérez 2021).

Para obtener las medidas de las dimensiones transversales y lineales es preciso el uso de instrumentos de medición tales como: varillas graduadas, calibres, compases, cinta métrica, flexómetros y goniómetros (Hernández, 2010).

Las medidas que se deben contemplar son las siguientes:

- Posición de sentado.
- Posición de pie.
- Posición de pie o sentado.

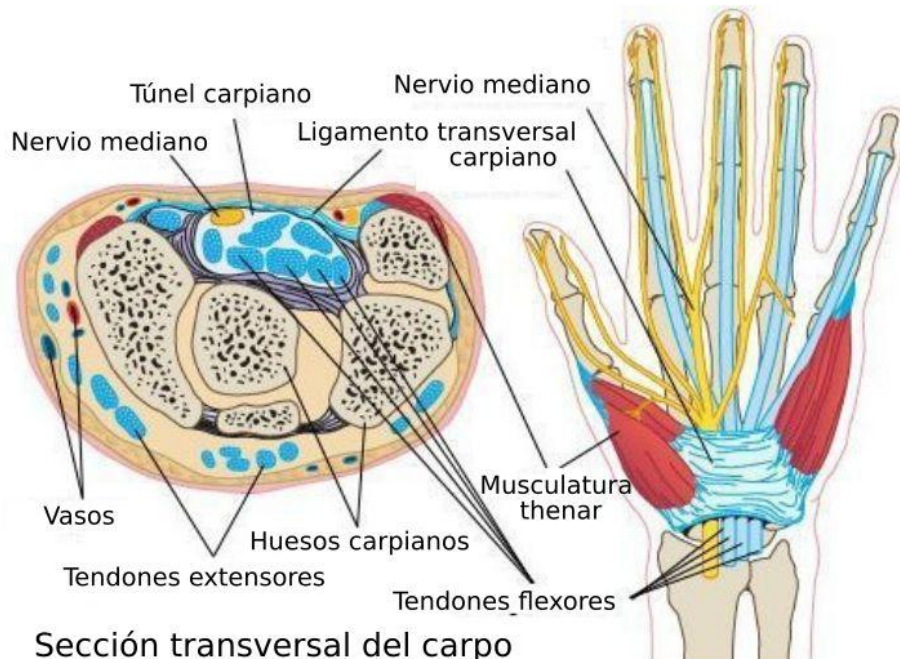
2.6 Desórdenes de trauma acumulativo

Los CTD (*Cumulative trauma disorders*) por sus siglas en inglés y DTA (*desórdenes de trauma acumulativo*) por sus siglas en español a menudo son llamados lesiones por movimientos repetitivo o desórdenes músculo-esqueléticos relacionados con el trabajo, estas son lesiones del sistema músculo-esqueléticos que paulatinamente se desarrollan como el resultado de microtraumas repetitivos debido al diseño pobre de la herramienta o al uso excesivo de herramientas de manos y otros equipos (Niebel & Freivalds, 2009).

Los datos del Consejo de Seguridad Nacional (2003) muestran que entre el 15 y 20% de trabajadores de industrias (empacadoras de carne, procesamiento de aves, ensamblado de automóviles y manufactura textil) corren el riesgo de sufrir CTD y el 61% de todas las lesiones están asociadas a los movimientos repetitivos que realizar al cumplir con sus labores.

Los desórdenes de trauma acumulativo son ignorados por su aparición lenta por tanto tienden a volverse lesiones crónicas. Estos problemas representan una gran variedad enfermedades, entre ellos; desórdenes por movimiento repetitivo, estrechamiento del túnel carpal, tendinitis, ganglionitis, tenosinovitis y bursitis.

La estructura de la mano humana está conformada por huesos, arterias, nervios, ligamentos y tendones. Los dedos son controlados a través de los músculos carpio extensor y carpio flexor del antebrazo. A través de tendones se conectan los dedos a los músculos, los tendones pasan a través de un canal de la muñeca, formado por los huesos de la parte trasera de la mano de un lado y por el ligamento carpiano transversal del otro lado.



Sección transversal del carpo

Figura 3 *túnel carpiano se puede consultar en*
<https://www.google.com/search?q=seccion+transversal+carpal&client=firefox-b-d&>

Algunas de las lesiones provocadas por movimientos repetitivos en los trabajos son las siguientes, ver tabla 2.

Tabla 2. Lesiones músculo-esqueléticas

La tendosinovitis	El síndrome del túnel carpiano	El dedo de disparo	El dedo blanco	Síndrome de Raynaud
Inflamación de la capa de los tendones	Pérdida de la función nerviosa de los tres primeros dedos	Las fuerzas isométricas producen un ranurado en el	Se produce por una excesiva vibración de las máquinas,	Falta de flujo sanguíneo se manifiesta como el

y medio, que se agranda el tendón debido a la pérdida del control motor. Se manifiesta como entumecimiento, hormigueo, dolor y pérdida de destreza. o se lo cual provoca palidecimiento de la piel y la constricción de la piel y la pérdida de los dedos. Se agranda el tendón debido a la pérdida del control motor. Se manifiesta como entumecimiento, hormigueo, dolor y pérdida de destreza. dentro de los dedos.

El analista de métodos o ergonomista es quien realiza estudios para evaluar el nivel de problemas relacionados con los CTD. Una herramienta que se utiliza muy a menudo es el *diagrama de incomodidad del cuerpo*, con el cual se evalúa el nivel de dolor o incomodidad en varias partes del cuerpo, la escala va del 0 que indica (sin dolor) a 10 (casi máximo) (Niebel & Freivalds, 2009).

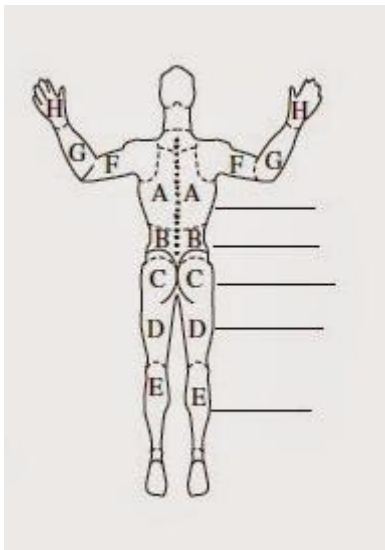


Figura 4 Diagrama de la incomodidad del cuerpo humano
 Fuente: Niebel-Freivalds 2009

Tipos de agarre

0	Ningún dolor
.5	Dolor extremadamente ligero (apenas se nota)
1	Dolor muy ligero
2	Dolor débil (ligero)
3	Dolor moderado
4	
5	Dolor fuerte (pesado)
6	
7	Dolor muy fuerte
8	
9	
10	Dolor extremadamente intenso (casi el máximo)

Los tipos de agarre entre dos extremos es básicamente la aprensión de la mano, existe el agarre fuerza y el agarre de presión.

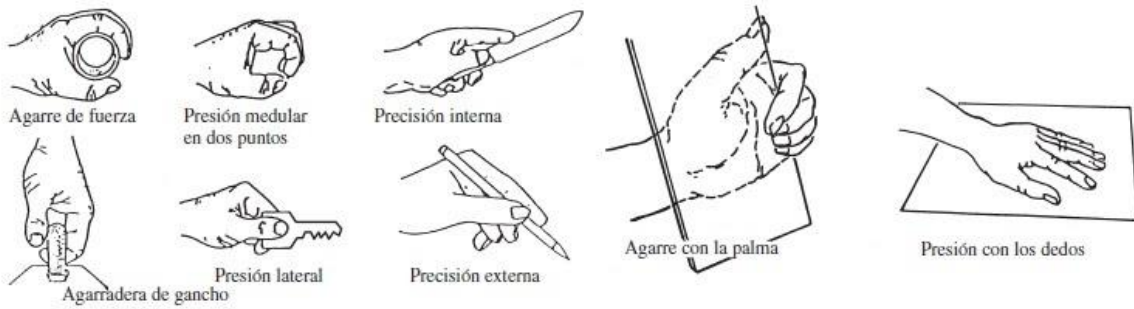


Ilustración 5 Tipos de agarre
Fuente: Niebel-Freivalds 2009.

De acuerdo a las fuerzas de agarre que se adoptan para realizar una labor se crean lesiones debido a la repetitividad del trabajo y la posición del agarre, como se puede apreciar en la ilustración 5 son diferentes tipos que existen y cada una de ellas requiere de cierta fuerza para así poder realizar el trabajo.

Cuando se adoptan posturas en las cuales es necesario levantar los brazos o sostener herramientas por largos periodos frecuentemente, los músculos de los hombros, brazos y manos pueden cargarse estáticamente y ocasionar fatiga, una menora eficiencia laboral y dolor (Niebel-Freivalds 2009).

CAPITULO III MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo de investigación

Según Sampieri existe una diversidad de tipos de investigación, cada una de estas con diferentes objetivos lo cual facilita el conocimiento de lo que se busca de acuerdo al tema de investigación. De acuerdo a la clasificación de Roberto Sampieri la presente investigación es una mezcla entre cuantitativa y cualitativa es decir una investigación mixta ya que dentro de lo cuantitativo se abarcan datos estadísticos medibles y comprobables, por otro lado se encuentra lo cualitativo que se enfoca en la recolección y análisis de datos que se recolecta de forma verbal o visual esto ayuda a dar claridad a dudas que se tuvieran (Sampieri, Collado, & Lucio, 2014).

3.2 Objeto de estudio

En este trabajo de investigación el objeto de estudio es la herramienta de desfibrado de ixtle la cual es una herramienta rudimentaria llamada (*Jidab*) consta de una base de madera y dos palos en forma de Y los cuales cumplen con la función del desfibrado. Localizada en el norte de Veracruz perteneciente al municipio de Tantoyuca se encuentra la congregación de Xilozuchil lugar donde las personas se dedican a la labor de desfibrado de ixtle precisamente con la herramienta mencionada anteriormente

3.3 Población y muestra

Xilozuchil es una congregación que pertenece al municipio de Tantoyuca Veracruz la cual consta de un total de 617 habitantes (Pueblos America). La población estadística de esta investigación pertenece a los 617 habitantes que conforman la congregación sin embargo para obtener un estudio con mayor precisión se toma una muestra a estudiar la cual consta de 56 artesanos de los cuales 31 son hombres y 25 son mujeres.

3.4 Desarrollo Metodológico

Para dar continuidad a la investigación es preciso hacer uso de la siguiente metodología.

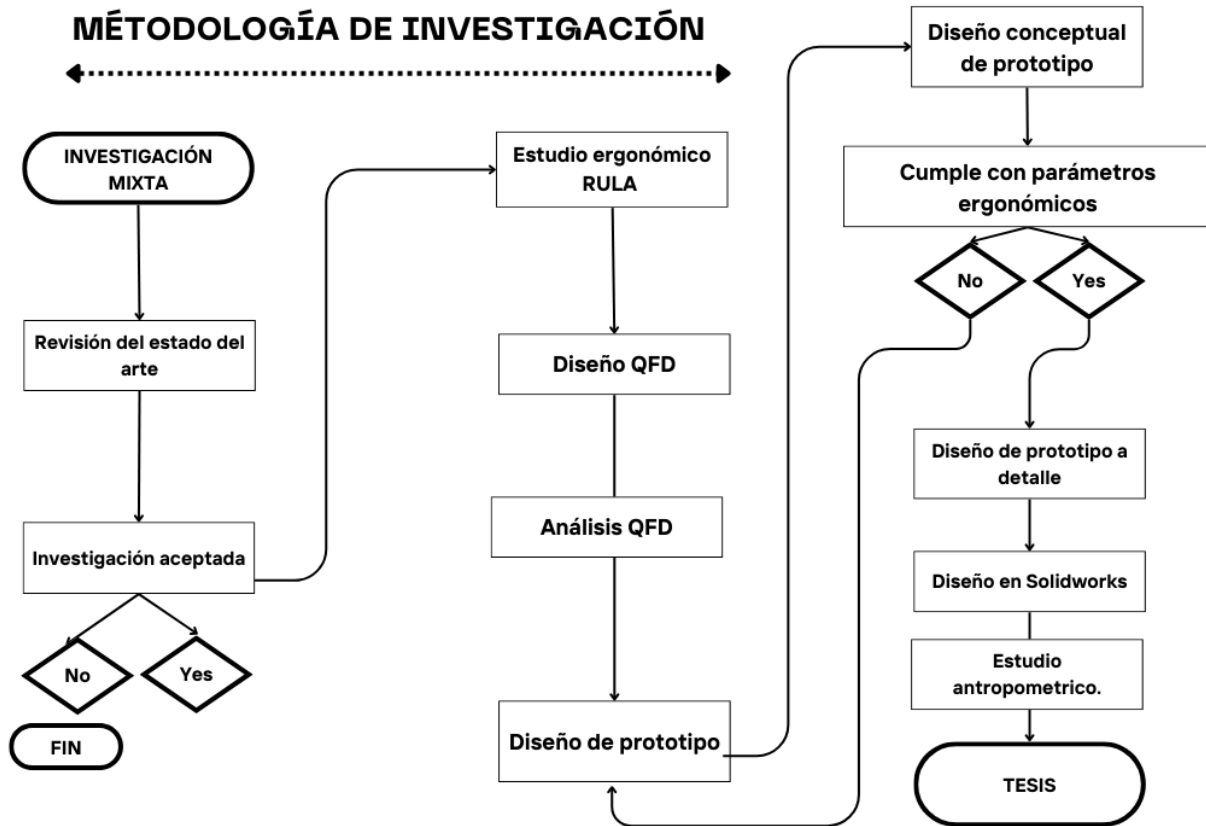


Figura 6 Metodología de investigación
Fuente propia.

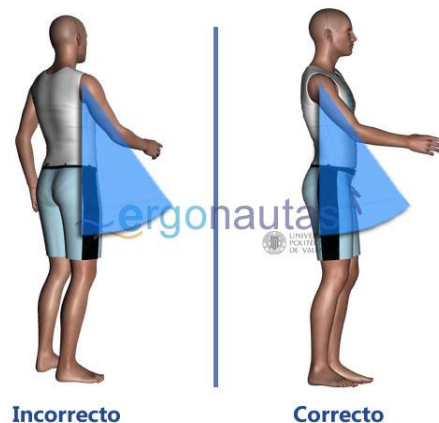
3.4.1 Uso de RULA

Se va a llevar a cabo un estudio ergonómico con el uso de RULA con base a lo descrito por Diego-Mas (2015). El método RULA evalúa **posturas individuales** y no conjuntos o secuencias de posturas, por ello, es necesario seleccionar aquellas posturas que serán evaluadas de entre las que adopta el trabajador en el puesto.

Para la aplicación de Rula se seleccionarán aquellas posturas que, a priori, supongan una mayor carga postural bien por su duración, por su frecuencia o porque presentan mayor desviación respecto a la posición neutra.

El primer paso consiste en la observación de las tareas que desempeña el trabajador. Se observarán varios ciclos de trabajo y se determinarán las posturas que se evaluarán. Si el ciclo es muy largo o no existen ciclos, se pueden realizar evaluaciones a intervalos regulares. En este caso se considerará, además, el tiempo que pasa el trabajador en cada postura (Antonio, 2015).

Las mediciones a realizar sobre las posturas adoptadas por el trabajador son fundamentalmente angulares (los ángulos que forman los diferentes miembros del cuerpo respecto a determinadas referencias). Estas mediciones pueden realizarse directamente sobre el trabajador mediante transportadores de ángulos, electrogoniómetros, o cualquier dispositivo que permita la toma de datos angulares. También es posible emplear fotografías del trabajador adoptando la postura estudiada y medir los ángulos sobre éstas. Si se utilizan fotografías es necesario realizar un número suficiente de tomas desde diferentes puntos de vista (alzado, perfil, vistas de detalle). Es muy importante en este caso asegurarse de que los ángulos a medir aparecen en verdadera magnitud en las imágenes, es decir, que el plano en el que se encuentra el ángulo a medir es paralelo al plano de la cámara.



*Figura 7. Medición de ángulos RULA
Diego-Mas (2015)*

Diego-Mas (2015)

El método debe

ser aplicado al lado derecho y al lado izquierdo del cuerpo por separado. El evaluador experto puede elegir a priori el lado que aparentemente esté sometido a mayor carga postural, pero en caso de duda es preferible analizar los dos lados.

Diego-Mas (2015) RULA divide el cuerpo en dos grupos, el **Grupo A** que incluye los miembros superiores (brazos, antebrazos y muñecas) y el **Grupo B**, que comprende las piernas, el tronco y el cuello. Mediante las tablas asociadas al método, se asigna una puntuación a cada zona corporal (piernas, muñecas, brazos, tronco) para, en función de dichas puntuaciones, asignar valores globales a cada uno de los grupos A y B.



*figura 8. Grupos de miembros A y B RULA
Fuente: Diego-Mas (2015)*

Diego-Mas (2015) El valor final proporcionado por el método RULA es proporcional al riesgo que conlleva la realización de la tarea, de forma que valores altos indican un mayor riesgo de aparición de lesiones musculoesqueléticas. El método organiza las puntuaciones finales en niveles de actuación que orientan al evaluador sobre las decisiones a tomar tras el análisis. Los niveles de actuación propuestos van del nivel 1, que estima que la postura evaluada resulta aceptable, al nivel 4, que indica la necesidad urgente de cambios en la actividad.

Aplicación del método

El procedimiento para aplicar el método RULA puede resumirse en los siguientes pasos:

1. Determinar los ciclos de trabajo y observar al trabajador durante varios de estos ciclos. Si el ciclo es muy largo o no existen ciclos, se pueden realizar evaluaciones a intervalos regulares.
2. Seleccionar las posturas que se evaluarán. Se seleccionarán aquellas que a priori, supongan una mayor carga postural bien por su duración, por su frecuencia o porque presentan mayor desviación respecto a la desviación neutra.
3. Determinar si se evaluará el lado izquierdo del cuerpo o el derecho. En caso de dudas analizar los datos.
4. Tomar los datos angulares requeridos. Pueden tomarse fotografías desde los puntos de vista adecuados para realizar las mediciones. Para esta tarea se puede emplear RULER, la herramienta de ergonomistas para medir ángulos sobre fotografías.
5. Determinar puntuaciones para cada parte del cuerpo. Emplear cada tabla correspondiente a cada miembro.
6. Obtener las puntuaciones parciales y finales del método para determinar la existencia del riesgo y establecer el nivel de actuación.
7. Si se requiere determinar qué tipo de medidas debe adoptarse. Revisar las puntuaciones de las diferentes partes del cuerpo para determinar donde es necesario aplicar correcciones.
8. Rediseñar el puesto o introducir cambios para mejorar la postura si es necesario.
9. En caso de haber introducido cambios, evaluar de nuevo la postura con el método RULA para comprobar la efectividad de la mejora.

Evaluación del grupo A

Se obtiene a partir de las puntuaciones de los miembros que lo componen (brazo, antebrazo y muñeca). Para obtener la puntuación de un grupo previamente es necesario obtener puntuaciones de cada miembro.

- Puntuación del brazo: Se obtiene a partir del grado de flexión, para ello se medirá el ángulo formado por el eje del brazo y del tronco. En la siguiente ilustración se muestran los grados de flexión/extensión considerados por el método y la obtención de la puntuación del brazo se obtiene mediante la tabla.

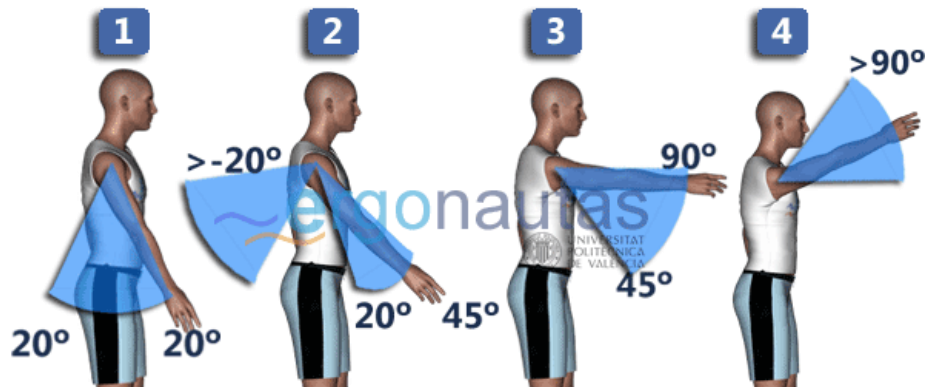


Figura 9 Medición de ángulos de flexión/extensión del brazo Diego-Mas (2015)

Tabla 3. Puntuación asignada al brazo según su posición.

Posición	Puntuación
Desde 20° de extensión a 20° de flexión	1
Extensión >20° o flexión >20° y >45°	2
Flexión >45 y 90°	3
Flexión >90°	4

La puntuación obtenida valora la flexión del brazo sin embargo existen diversos factores que podrían elevar la puntuación obtenida a un punto si existe elevación del hombro, brazo abducido o rotación del brazo.

Si existe un punto de apoyo donde descansa el brazo del operario mientras realiza la tarea la puntuación del brazo disminuye un punto, si no se da ninguno de estos casos la puntuación obtenida se conserva. Para obtener la puntuación definitiva se consulta la siguiente tabla e ilustración.

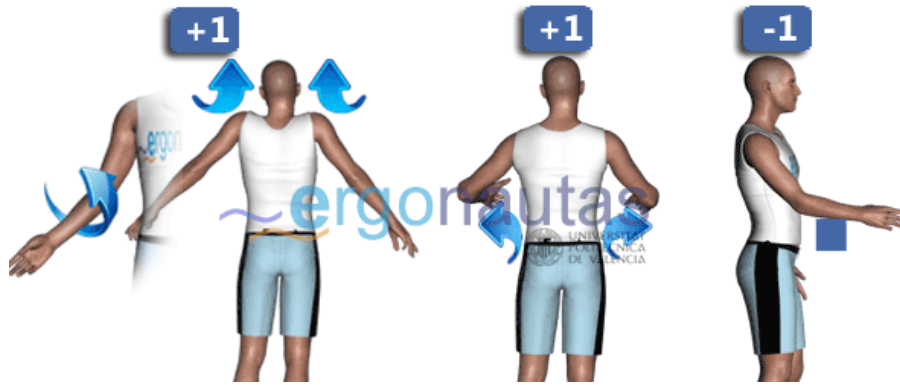


Figura 10 Modificación de la puntuación del brazo Diego-Mas (2015)

Tabla 4. Modificación de la puntuación del brazo.

Posición	Puntuación
Hombro elevado o brazo rotado	+1
Brazos abducidos	+1
Existe un punto de apoyo	-1

- Puntuación antebrazo: se obtiene a partir del ángulo de flexión medido por el ángulo formado por el eje del antebrazo y el eje del brazo. En la ilustración se muestran los intervalos de flexión considerados por el método. La puntuación del antebrazo se obtiene mediante la siguiente tabla.



Figura 11 Medición del ángulo de antebrazo Diego-Mas (2015)

Tabla 5. Puntuación del antebrazo.

Posición	Puntuación
Flexión entre 60° y 100°	1
Flexión <60° o >100°	2

La puntuación obtenida se aumentará en un punto si el antebrazo cruza la línea media del cuerpo o si se realiza una actividad al lado del cuerpo. Los dos casos son excluyentes por tanto solo se aumentará un punto como máximo a la puntuación inicial obtenida.



Figura 12 Modificación de la puntuación del antebrazo Diego-Mas (2015)

Tabla 6. Modificación de la posición del antebrazo. Diego-Mas (2015)

Posición	Puntuación
A un lado del cuerpo	+1
Cruza la línea media	+1

- Puntuación de la muñeca: Se obtiene a partir del ángulo de flexión/extensión medida desde la posición neutra. En la siguiente ilustración se muestran las referencias para realizar la medición y la puntuación de la muñeca se obtiene a través de la siguiente tabla.

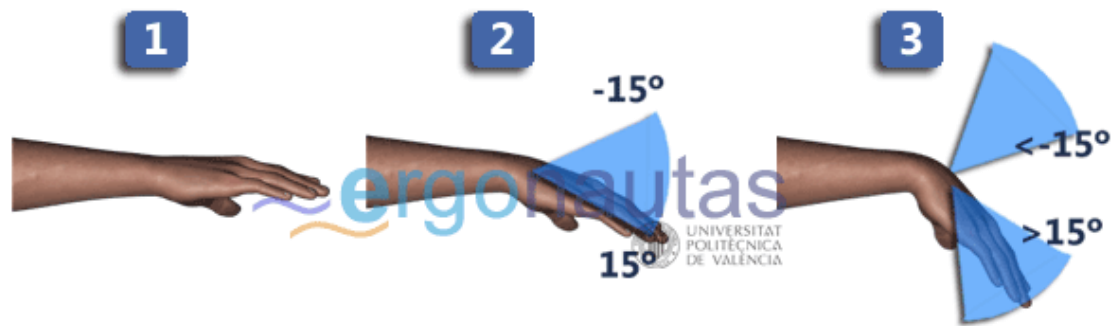


Figura 13 Medición del ángulo de la muñeca. Diego-Mas (2015)

Tabla 7. Puntuación de la muñeca

Posición	Puntuación
Posición neutra	1
Flexión o extensión $>0^\circ$ y $<15^\circ$	2
Flexión o extensión $>15^\circ$	3

La puntuación de flexión de la muñeca se aumentará en un punto si existe desviación radial o cubital. Los dos casos son excluyentes, por lo tanto solo se aumentara un punto a la puntuación inicial.



Figura 14 Modificación de la puntuación de la muñeca. Diego-Mas (2015)

Tabla 8. Modificación de la puntuación de la muñeca.

Posición	Puntuación
Desviación radial	+1
Desviación cubital	+1

Una vez obtenida la puntuación de la muñeca se valorará el giro de la misma. Este valor será independiente y no se añadirá a la puntuación anterior, si no que servirá para obtener la puntuación global del grupo A. Se trata de medir el grado de pronación o supinación de la mano (medio externo). Si no existe pronación o supinación o su grado es medio se asignará una puntuación de 1; si el grado es extremo la puntuación será 1.



Figura 15 Puntuación de giro de muñeca. Diego-Mas (2015)

Tabla9. Puntuación del giro de muñeca.

Posición	Puntuación
Pronación o supinación media	1
Pronación o supinación extrema	2

Evaluación del Grupo B

La puntuación del Grupo B se obtiene a partir de las puntuaciones de cada uno de los miembros que corresponden (cuello, tronco y piernas). Por ello es necesario obtener las puntuaciones de cada miembro.

- Puntuación del cuello: se obtiene a partir de la extensión/flexión medida por el ángulo formado por el eje de la cabeza y el eje del tronco. La siguiente ilustración muestra las referencias para realizar la medición y la tabla contiene las puntuaciones del cuello.

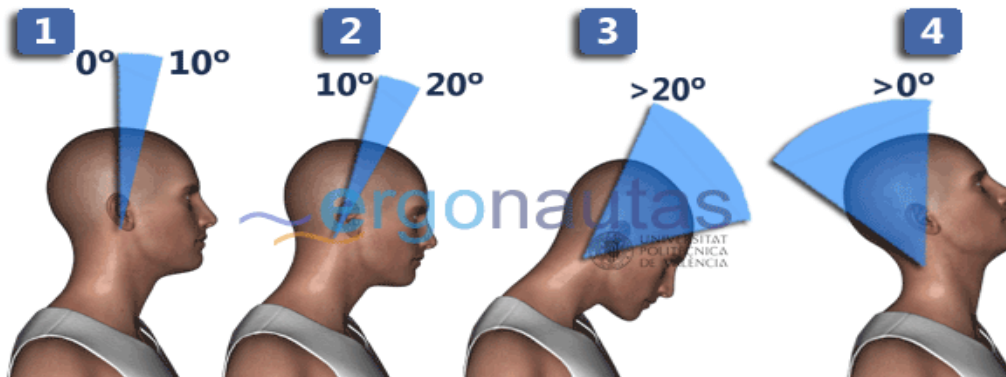


Figura 16 Medición del ángulo del cuello. Diego-Mas (2015)

Tabla 10. Puntuación del cuello.

Posición	Puntuación
Flexión entre 0° y 10°	1
Flexión >10° y ≤20°	2
Flexión >20°	3
Extensión en cualquier grado	4

La puntuación obtenida será aumentada si existe rotación o inclinación lateral de la cabeza. Ambas circunstancias pueden ocurrir simultáneamente por tanto la puntuación del cuello puede aumentar hasta dos puntos. Si no se da ninguna de las circunstancias la puntuación se mantiene, para poder realizar esta valoración se consulta la siguiente ilustración y tabla.



Figura 17 Modificación de la puntuación del cuello. Diego-Mas (2015)

Posición	Puntuación
Cabeza rotada	+1
Cabeza con inclinación lateral	+1

Tabla 11. Modificación de la puntuación del cuello

- Puntuación del tronco: Esta puntuación depende si el operador trabaja sentado o de pie, en este ultimo caso la puntuación dependera del ángulo de flexión del troco medido por el ángulo entre el eje del tronco y la vertical. La siguiente ilustración muestra las referencias para realizar la medición y la tabla 12 la puntuación.

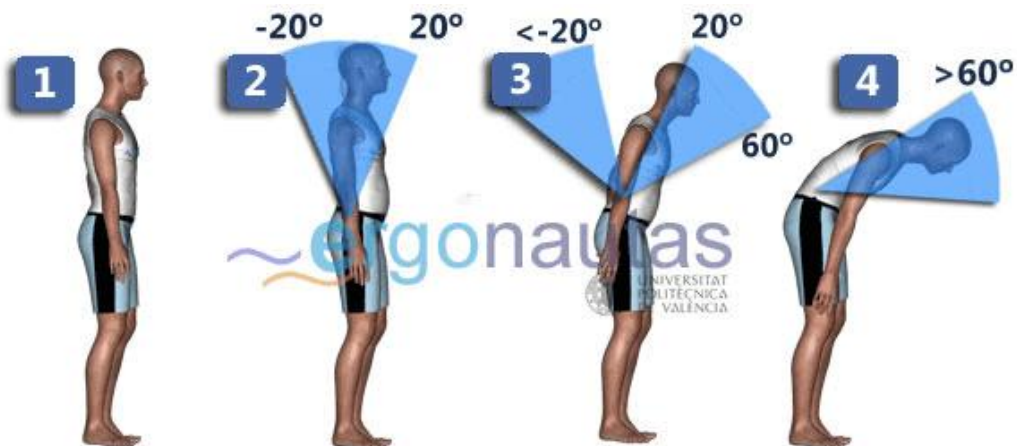


Figura 18 Medición del ángulo del tronco. Diego-Mas (2015)

Tabla 12. Medición del ángulo del tronco

Posición	Puntuación
Sentado, bien apoyado y con un ángulo troco-caderas $>90^\circ$	1
Flexión 0° y 20°	2
Flexión entre $>20^\circ$ y $\leq 60^\circ$	3
Flexión $>60^\circ$	4

La puntuación obtenida será aumentada en un punto si existe rotación o inclinación del tronco. Ambas circunstancias pueden ocurrir simultáneamente por tanto la puntuación en tronco puede aumentar hasta en dos puntos. Para mayor detalle se consulta la siguiente ilustración y tabla.



Figura 19 Modificación de la puntuación del tronco. Diego-Mas (2015)

Tabla 13. Modificación de la puntuación del tronco.

Posición	Puntuación
Tronco rotado	+1
Tronco con inclinación lateral	+1

- Puntuación de piernas: Esta medición dependerá de la distribución del peso entre ellas, los apoyos existentes y si la posición es sedente. Para obtener la puntuación de piernas mediante la siguiente tabla y figura.

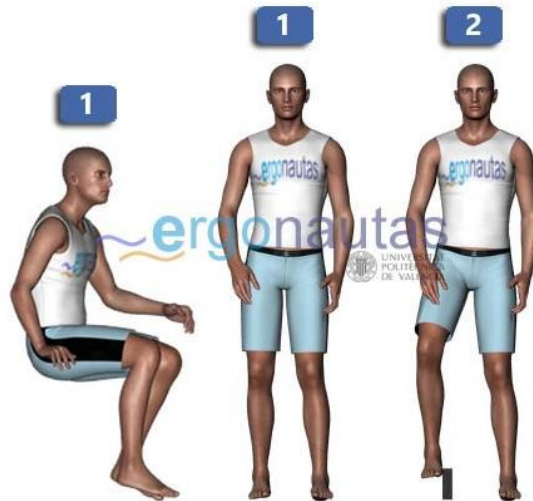


Figura 20 Puntuación de las piernas. Diego-Mas (2015)

Tabla 14. Puntuación de la posición de las piernas.

Posición	Puntuación
Sentado, con piernas y pies apoyados.	1
De pie con el pie simétricamente distribuido y espacio para cambiar de posición.	1
Los pies no están apoyados o el peso no está simétricamente distribuido.	2

- Nivel de actuación: Obtenida la puntuación final se proponen diferentes niveles de actuación sobre el puesto.

Tabla 15. Nivel de actuación según la puntuación.

Puntuación	Nivel	Actuación
1 o 2	1	Riesgo aceptable.
3 o 4	2	Pueden requerirse cambios en la tarea; es conveniente profundizar en el estudio.
5 o 6	3	Se requiere el rediseño de la tarea.
7	4	Se requieren cambio urgentes en la tarea.

3.5 Estudio ergonómico

Se realizará un estudio antropométrico considerando los parámetros necesarios para la elaboración del diseño, para realizar un estudio antropométrico es necesario recabar las medidas necesarias en una tabla para así poder realizar el cálculo de los percentiles.

Un percentil expresa el porcentaje de individuos en una población dada con una dimensión corporal igual o menor a un determinado valor. Un percentil es una medida de posición por ejemplo si se divide una distribución de 100 partes iguales y se ordenan de forma creciente de 1 a 100, cada punto indica el porcentaje de casos por debajo del valor dado (Cabello).

Lo primero que se debe obtener es la media que esta corresponde a la suma de todos los datos dividida por el total de datos sumados.

La desviación estándar mide el valor de separación de los datos la fórmula para obtenerla es la raíz cuadrada de la varianza.

Varianza es la media de las diferencias con la media elevada al cuadrado y la sumatoria da como resultado este valor.

Para el cálculo de los percentiles se hace uso de la siguiente fórmula.

Percentil 5 = media - ((Desviación estándar)(1.645))

Percentil 95 = media + ((Desviación estándar)(1.645))

En la tabla 16 se muestran los datos que se requeriran para iniciar con el estudio.

Tabla 16. Tabla de medidas para estudio antropometrico

Medidas tomadas para el estudio antropométrico de comunidades vecinas a Tantoyuca Veracruz																			
No	Nombre	Datos																	
		Edad	Altura	Brazo completo	Brazo	Antebrazo	Mano	Empuñadura	Cadera piso	Cadera rodilla	Rodilla piso	Planta del pie	Anchura del pie	Brazos Extendidos	Anchura de espalda	Codo a codo	Cadera piso (sentado)	Cadera rodilla (sentado)	Rodilla piso (sentado)
1																			
2																			
3																			
4																			
5																			
6																			
7																			
8																			
9																			
10																			
11																			
12																			
13																			
14																			
15																			
16																			
17																			
18																			
19																			
20																			
21																			
22																			
23																			
24																			
25																			
26																			
27																			
28																			
29																			
30																			
57	MEDIA																		

3.6 QFD Despliegue de Función de la Calidad

Posteriormente se utiliza un despliegue de la función de la Calidad para asegurar que el diseño para el defibrado de ixtle cumpla con todos los requerimientos de calidad.

Proceso estructurado y disciplinado que proporciona un medio para recoger e interpretar la voz del cliente y convertirla en requisitos internos a lo largo de la vida del producto o servicio.

QFD (La casa de la calidad)

Es una metodología sistemática la cual utiliza diversas herramientas la cual se adapte a cada fase del proceso..

La casa de la calidad también es conocida como matriz de relaciones.

3.7 Analisis 9 Ventanas de Triz

Una de las ideas propuestas por G. Altsuller se denomina inercia mental, aquello que conduce a hacer lo mismo siempre como una rutina típica de ¿en el cruce de las calles tal y tal, qué había de notable?, la respuesta a esta pregunta es no me acuerdo ni del cruce. Si esto se traduce a un problema industrial se probarían las soluciones típicas ya hasta cuando se vaya el decano de la técnica se seguirían usando los trucos aprendidos, pero no se vanaría a soluciones de valor. Los métodos y herramientas usadas para atacar la inercia mental son los siguientes; Nueve ventanas, Pequeños seres inteligentes, Operador tamaño costo y El pez dorado (Cruz, 2014).

G. Altshuler originalmente imagino más de nueve ventanas, quizás 12 o mas, pero no deja de ser interesante su elaboración. Altshuller establecio el tiempo y el espacio como variables a seguir, abajo el tiempo y a la izquierda espacio. Notese que para G. Altshuller, espacio era sistema y sus conjuntos, el super sistema y los subsistemas; por otra parte el tiempo lo considero como él pasado, él presente y el futuro, con ciertas medidas para no caer en elucubraciones (Cruz, 2014).

En las siguiente figura se muestra el diagrama nueve ventanas en el cual se puede obervar a detalle cada una de sus partes para un mayor entendimiento (espacio: donde se hace uso del equipo o herramienta en cuestion, tiempo: como es, como fue y como será).

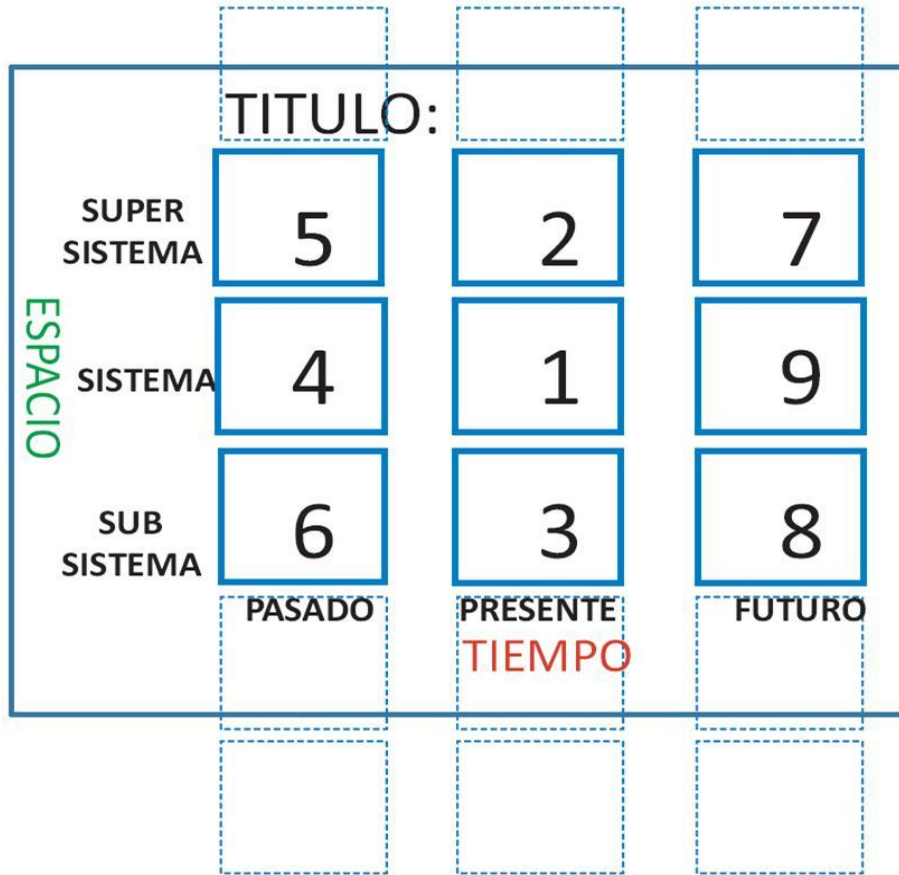


Figura 21 Diagrama nueve ventanas (Juan-Rene-Martínez-Cruz 2014)

3.8 TRIZ (Teorija Rezheniya Izobretatelskih Zadach)

Se utilizará la metodología TRIZ para robustecer los parámetros de diseño.

Según Coronado-Oropeza-Rico (2005) la metodología de TRIZ consiste en descubrir las principales contradicciones de un problema de innovación tecnológica o la necesidad de generar un invento, dichas contradicciones se dividen de la siguiente manera.

- Contradicciones Técnicas: estas involucran dos elementos de un sistema tecnológico.
- Contradicciones Físicas: estas corresponden a una sola parte del sistema tecnológico.

Altshuller aportó un esquema general para resolver problemas de inventiva o innovación tecnológica el cual se muestra a continuación.

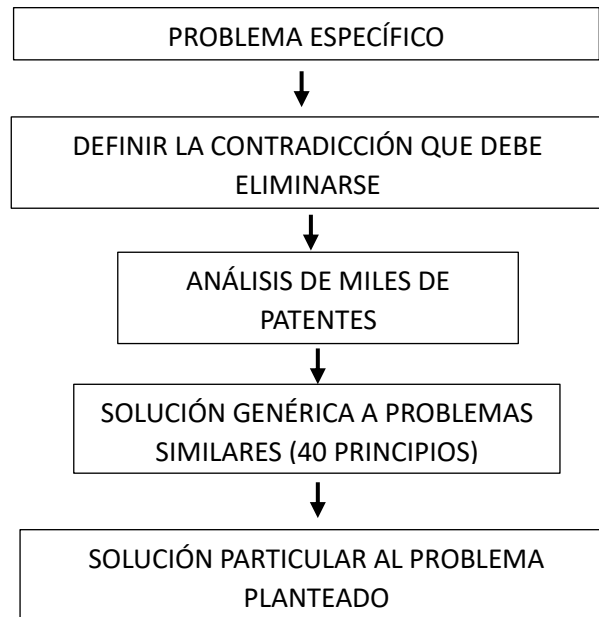


Figura 22 Esquema general de la metodología de TRIZ. Coronado-Oropeza-Rico (2005)

El profesor Alshuller propuso que los sistemas tecnológicos tienen los siguientes 39 parámetros o características. Estas definiciones son las que propone el profesor Alshuller para la aplicación de su matriz de contradicciones y no necesariamente son las definiciones tradicionales de la ciencia y la tecnología. El objetivo de Él era contar con un lenguaje común al aplicar TRIZ en innovación tecnológica.

- | | |
|--|--|
| 1. Peso del objeto móvil | 15. Duración de una acción del objeto móvil |
| 2. Peso del objeto estacionario | 16. Duración de una acción del objeto estacionario |
| 3. Longitud del objeto móvil | 17. Temperatura |
| 4. Longitud del objeto estacionario | 18. Brillantez |
| 5. Área del objeto en movimiento | 19. Uso energético del objeto en movimiento |
| 6. Área del objeto estacionario | 20. Uso energético del objeto estacionario |
| 7. Volumen del objeto en movimiento | 21. Potencia |
| 8. Volumen del objeto estacionario | 22. Pérdida de energía |
| 9. Velocidad | 23. Pérdida de materia |
| 10. Fuerza | 24. Pérdida de información |
| 11. Esfuerzo o presión | 25. Pérdida de tiempo |
| 12. Forma | 26. Cantidad de sustancia o de materia |
| 13. Estabilidad de la composición del objeto | 27. Confiabilidad |
| 14. Resistencia | 28. Precisión en la medida |
| | 29. Precisión en la manufactura |

- | | |
|--|-----------------------------|
| 30. Daño externo que afecta a un objeto | 34. Facilidad de reparación |
| 31. Daños generados por el propio objeto | 35. Adaptabilidad |
| 32. Manufacturabilidad o facilidad para la fabricación | 36. Complejidad del objeto |
| 33. Facilidad de operación | 37. Complejidad de control |
| | 38. Nivel de automatización |
| | 39. Capacidad/productividad |

Para la correcta aplicación de TRIZ es importante conocer los 40 principios fundamentales para la innovación, estos son la base de la “Matriz de contradicción” y fueron las aportaciones más importantes del profesor Altshuller a la ciencia y la tecnología (Maldonado, Monterrubio, & Arzate, 2005).

A continuación se mencionan los 40 principios.

- | | |
|--|---|
| 1. Segmentación | 22. Convertir algo dañino en benéfico |
| 2. Extracción | 23. Retroalimentación |
| 3. Calidad local | 24. Mediador |
| 4. Asimetría | 25. Autoservicio |
| 5. Consolidación o combinación | 26. Copiado |
| 6. Universalidad | 27. Desechar |
| 7. Anidación | 28. Reemplazar un sistema mecánico con otro sistema |
| 8. Contrapeso | 29. Emplear un sistema hidráulico o neumático |
| 9. Acción contraria anticipada | 30. Membranas flexibles o películas delgadas |
| 10. Acción anticipada | 31. Material poroso |
| 11. Acolchonado anticipado | 32. Cambio de color |
| 12. Equipotencialidad | 33. Homogeneidad |
| 13. Inversión o hacer algo en forma contraria a la convencional | 34. Desechando y regenerando partes |
| 14. Esfericidad | 35. Transformación de propiedades |
| 15. Incremento dinámico o dinamismo | 36. Transición de fase |
| 16. Acción excesiva o parcial | 37. Expansión térmica |
| 17. Transición a una nueva dimensión | 38. Oxidación acelerada |
| 18. Vibración mecánica | 39. Ambiente inerte |
| 19. Acción periódica | 40. Materiales compuestos |
| 20. Llevar a cabo la acción positiva de manera continua | |
| 21. Aumentar la velocidad a la que se lleva a cabo una acción riesgosa | |

Solid Works

Se hará uso de la herramienta Solid Works para el diseño propuesto.

Solid Works es un software CAD que fue desarrollado por Dassault Systemès (Suresnes, Francia) a través de su compañía subsidiaria SolidWorks Corp, para el diseño mecánico 3D. El programa basa su potencial en el modelador paramétrico de sólidos que utiliza el Kernel Parasolid.

Solid Works es un programa el cual permite realizar procesos completos del modelado de los diseños mecánicos desde los planos técnicos necesarios para la fabricación. A través de la interfaz avanzada que se tiene en el programa se puede realizar piezas en tercera dimensión (Vidal & Maroño, 2015)

CAPÍTULO IV. MARCO OPERATIVO





4.1 RESULTADOS OBTENIDOS

4.1.1 Uso del método RULA

Se realizó el estudio ergonómico a través de la herramienta RULA un software gratuito que ofrece ergonautas para realizar medidas angulares en posturas de trabajo a través de fotografías o videos.

Por medio de Rula se obtuvieron puntuaciones de aceptación que van desde 1 a 4 en donde 1 y 2 es aceptable y 4 se requiere un cambio inmediato ya sea en posturas o herramienta usada, en la siguiente tabla se puede observar el análisis realizado en fotografías donde se muestran diversas posturas adoptadas en la labor de desfibrado de ixtle.

Tabla 17. Análisis de postura a través de Rula.

Análisis de posturas			
			
			
Brazo		Cuello	
Posición	Puntuación	Posición	Puntuación
Flexión > 90°	4	Extensión en cualquier grado	4
Hombro elevado o brazo rotado	+1	Cabeza con inclinación lateral	+1
Total	5	Total	5
Antebrazo		Tronco	
Flexión entre <60° y 100°	1	Flexión >20° y ≤60°	3
Cruza la línea media	+1	Tronco con inclinación lateral	+1
Total	2	Total	4
Muñeca		Tronco pies	
Flexión o extensión >15°	3	Los pies no están apoyados o el peso no está simétricamente distribuido.	2
Desviación cubital	+1	Total	2
Total	4		

Como se puede observar en la tabla número 17 las puntuaciones obtenidas para cada parte del cuerpo en donde para la posición de brazo y cuello se obtuvo una puntuación de 5 lo cual indica que se requiere un cambio inmediato en postura esto se realizará a través del nuevo diseño de la herramienta diseñada.

4.1.2 Desarrollo del QFD

Para el diseño del prototipo desfibrador de ixtle se hace uso de la herramienta QFD (Despliegue de la calidad) para poder saber cuales son las necesidades de los artesanos y poder dar posibles soluciones desde la voz del ingeniero.

Matriz de relaciones: Evaluación de características físicas del prototipo.		Calificación ponderada	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		0.0%	8.3%	9.0%	6.3%	17.5%	23.2%	6.3%	6.3%	9.0%	7.9%	6.3%
No	Necesidad del Cliente	Peso Ponderado	Tipo de fibra	Calidad de la fibra	Tipos de cerdas en el desfibrado	Diseño de prototipo estetico	Diseño mecanico del prototipo desfibrador	Ajustable a la altura del operario	Tipos de materiales	Minimo esfuerzo del operario	Compacto	Angulos de postura al manipular el prototipo
AA	Grosor de la fibra	10.0%	9	9								
2	Resistencia	10.0%	3	3								
3	Longitud de la fibra	10.0%		1	9							
4	Tamaño del prototipo	8.0%				9					3	
5	Apariencia visual	7.0%				9						
6	Facilidad de manejo	13.0%				9	9			3		
7	Precio asequible	10.0%					9		9			
8	Facil mantenimiento	12.0%					3					
9	Ajustable	10.0%						9			9	
10	Comodo	10.0%					9			9		9
		100.0%										
		Peso ponderado OK	1.2	1.3	0.9	2.5	3.3	0.9	0.9	1.3	1.1	0.9
			Tipo de fibra	Calidad de la fibra	Tipos de cerdas en el desfibrado	Diseño de prototipo estetico	Diseño mecanico del prototipo	Ajustable a la altura del operario	Tipos de materiales	Minimo esfuerzo del operario	Compacto	Angulos de postura al manipular el prototipo

Figura 23 Matriz QFD desfibrador de Agave Angustifolia (Fuente propia usando la metodología QFD).

100.0%										
Peso ponderado OK	1.2	1.3	0.9	2.5	3.3	0.9	0.9	1.3		
Máximo	Tipo de fibra	Calidad de la fibra	Tipos de cerdas en el desfibrado	Diseño de prototipo estetico	Diseño mecanico del prototipo	Ajustable a la altura del operario	Tipos de materiales	Minimo esfuerzo del operario		

Figura 24 Resultados de QFD

Fuente propia usando metodología QFD

Los resultados obtenidos en la matriz QFD indican que los como's que resultan con mayor peso son los números 5, 8 y 4 los cuales son: diseño mecánico del prototipo,

diseño estético de prototipo y mínimo esfuerzo del operario como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 18. Puntuación obtenida del QFD

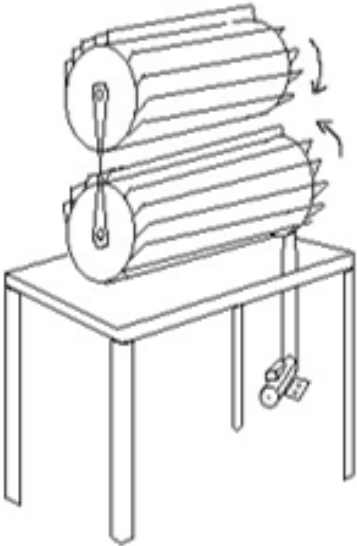
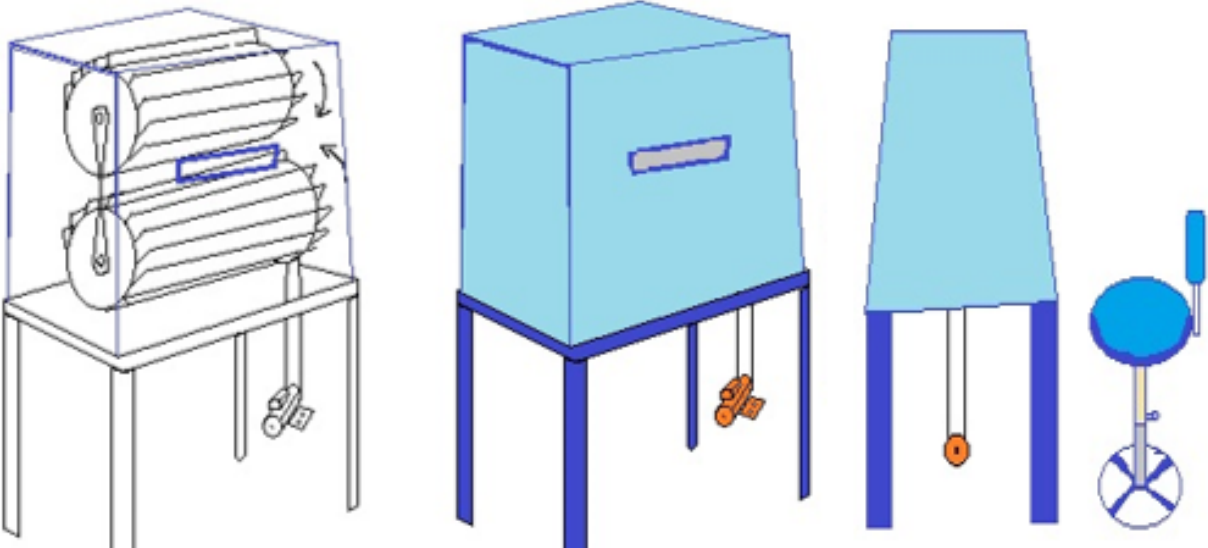
Necesidad	Puntuación
Diseño mecánico del prototipo	3.3
Diseño estético de prototipo	2.5
Mínimo esfuerzo del operario	1.3

4.1.3 Elaboración de diseños conceptuales

Para poder realizar un diseño idóneo primero se tubo que conocer las necesidades y problemáticas que existen lo cual ya se realizó en los apartados anteriores a través del desarrollo del QFD, posteriormente se dio inicio con los diseños conceptuales para así poder elegir el que mejor se adapte a la necesidad de los artesanos, a continuación se ilustran dichos diseños.

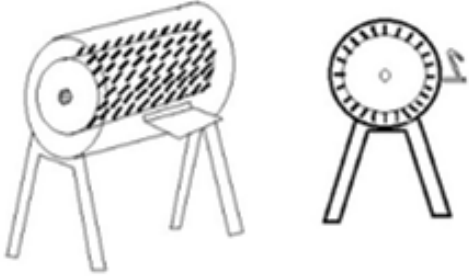
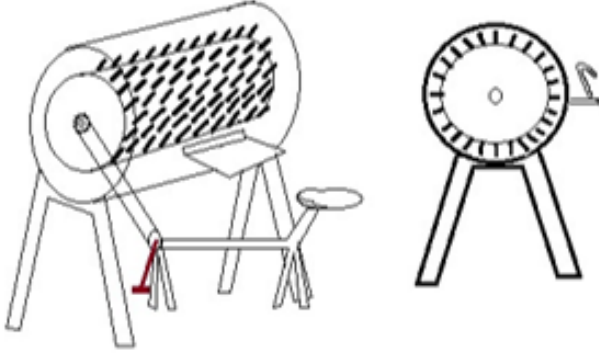
Alternativa 1 de diseño: consiste en dos rodillos giratorios a la inversa impulsando el movimiento a través de dos bandas y un pequeño motor como se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 19. Primer diseño conceptual de desfibrados de ixtle.

<p>Alternativa 1</p> 			<p>Características</p> <p>2 rodillos de metal con cuchillas al rededor</p> <p>Una cadena en 8 para realizar movimiento invertido en los rodillos.</p> <p>2 valeros</p> <p>Una banda</p> <p>1 motor 1 caballo de fuerza</p> <p>Base de metal</p> <p>Protección de metal</p> <p>Silla ajustable</p>
Vista frontal	Vista frontal con protección	Vista lateral	
			



Alternativa 2 de diseño: en la siguiente tabla se muestra el segundo diseño conceptual el cual consiste de un rodillo giratorio con clavos impulsando el movimiento por medio del principio de la bicicleta.

Tabla 20. Segundo diseño conceptual de desfibrados de ixtle.

Alternativa 2	Características
	Rodillo giratorio de metal con clavos
	Cadena
	2 Estrellas
	Pedales
	Asiento
	Base de bicicleta
	Prensa para la penca
	Manubrios
Vista frontal	Vista lateral
	

Alternativa 3 de diseño: el ultimo diseño conceptual se muestra en la tabla VI y consiste en un rodillo con clavos que son empujados a traves de dos presnas hacia la tabla principal donde se colocan las pencas.

Tabla 21. Tercer diseño conceptual de desfibrados de ixtle.

<p>Alternativa 3</p> 	<p>Características</p> <p>2 prensas de lado lateral (izquierda/derecha).</p> <p>1 Rodillo de madera con un diámetro de 6 cm y con clavos de 2´</p> <p>Base de acero de medidas 60cm * 40 cm</p> <p>Pedestal me acero con un perno para ajustar medida a la altura del operario.</p> <p>Silla ajustable</p>
	<p>Características</p> <p>2 prensas de lado lateral (izquierda/derecha).</p> <p>1 rodillo de madera con un diámetro de 6 cm.</p> <p>Base de acero de medidas 60cm * 40 cm</p> <p>Pedestal me acero con un perno para ajustar medida a la altura del operario.</p> <p>Silla ajustable</p>

Teniendo los tres diseños conceptuales del prototipo se realizaron pruebas piloto en el laboratorio de la universidad del Caribe con la finalidad de observar el comportamiento que se tiene al realizar el desfibrado de ixtle con cada tipo de material, a continuación se muestran algunas imágenes.



Figura 25 Prueba piloto 1. Fuente propia

Primer prueba piloto de funcionamiento de prototipo con el principio de prensas en la cual no se obtuvo el resultado esperado ya que la penca de ixtle se aplasto de mas y no se dio el deslisamiento esperado para poder realizar el desfibrado de manera optima.

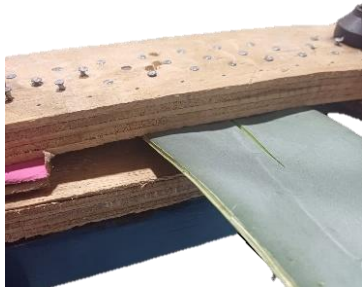


Figura 26 Prueba piloto 2. Fuente propia

Segunda prueba piloto con clavos y madera la cual tampoco funciono ya que al presionar la penca de ixtle esta se rompio y no se pudo dar el deslisamiento eserado para el desfibrado.



Figura 27 Prueba piloto 3. Fuente propia

Tercera prueba consiste de una madera con canal y una segeta la cual si brindo el desfibrado de la penca sin embargo esta se atasca cada vez que se realiza el desfibrado y se requiere de estar limpiando lo cual implica tiempo y causara mayor tardansa en cada desfibrado de penca.



Figura 28 Prueba piloto 4. Fuente propia

Cuarta prueba piloto: al observar que con los diseños anteriores no se lograba el desfibrado esperado se procedio a realizar una prueba con material que habia dentro del laboratorio con el cual se obtuvo el desfibrado esperado a traves de una tira de metal.

Posteriormente encontrados los materiales adecuados para el desfibrado de ixtle se trabajo para mejorar el diseño del prototipo pegando la taba con la tira de metal como se muestra en las siguientes imágenes.



*Figura 29 Pruebas de desfibrado de ixtle a través de los materiales propuestos.
Fuente propia.*

Resultados obtenidos en el desfibrado de la penca de ixtle *Agave Angustifolia*.



*Figura 30 Fibra obtenida (Agave Angustifolia)
Fuente propia.*

4.1.4 Estudio antropométrico

Para realizar el estudio antropométrico lo primero que se hizo fue acudir con los artesanos para poder tomar las medidas necesarias para dicho estudio, en la siguiente ilustración se muestra como se midieron a las personas.



*Figura 31 Toma de medidas a artesanos en Tantoyuca Veracruz
Fuente propia.*

Se tomaron medidas a 56 artesanos de los cuales 31 son hombres y 25 son mujeres

Tabla 22. Tabla de medida para estudio antropometrico

Medidas tomadas para el estudio antropométrico de comunidades vecinas a Tantoyuca Veracruz																			
No	Nombre	Datos																	
		Edad	Altura	Brazo completo	Brazo	Antebrazo	Mano	Empuñadura	Cadera piso	Cadera rodilla	Rodilla piso	Planta del pie	Anchura del pie	Brazos Extendidos	Anchura de espalda	Codo a codo	Cadera piso (sentado)	Cadera rodilla (sentado)	Rodilla piso (sentado)
1	Juan Pérez Ramos	50	154	68	30	25	19	10	90	40	37	23	9	164	39	50	61	48	49
2	Victoriano Pérez Ramos	48	154	68.5	34	25.5	19	10.5	90	44.8	42	9.5	25	136	37	38	62	46	48
3	Margarita	37	145	58	26	21	17	7.5	84	41	36	8.5	22	137	32	38	64	48	42
4	Fabiana Pérez	30	150	61	29	22	18	9.5	83	43	37	8.5	22.5	147	33	49	59	43	45
5	Pablo Pérez del Ángel	44	145	67	29	26	18	10	90	41	39	10	24	155	37	47	57	47	44
6	Mercedes	19	148	68	33	24	18	8.5	90	48	38	8.5	23	150	30	41	64	48	45
7	Encarnación	62	162	72	34	25	20	11	95	46	44	10.5	25	161	36.5	47	58	44	49.5
8	Fernando Antonio	54	156	67.8	33	26	19	11.3	89.5	46	40	10	26.5	164	38	48	63	49	49
9	Juan Narciso Rojas	40	160	64.5	31	26	18	11	90	44.5	39	10.5	24.5	161	41	46.5	66	49	47
10	Demétrio Velazco	37	157	64	33	26	19	11	91	49	41	10.5	25	161	36	50	54	49	48
11	José	38	155	64	32	25	17	11	89	47	40	9.5	24	156	35	44	55	49	49
12	Telesforo Antonio	60	153	69	35	27.5	19	10	90	47	47	10	24.5	162	35.5	42	63	40	48
13	Pedro	40	147	62	31	24	18	9.5	85	45	38	10	24	153	33	46	50	44	43
14	Félix	50	159	64	28	25	17	10	9	46	41	9	24	159	36	55	60	49	51
15	Lucia	45	144	61	29	22	17	9	80.5	48	85	9	23	140	33	40	64	47	45
16	Julieta	20	143	59	29	21	17	9.5	82	44	35	8.5	22	141	31	38	60	45	46
17	Catalina Del Ángel Trinidad	36	149	64.5	29	23.5	18	9	89	48	39	10.5	23.5	152	33	50	61	40	44.5
18	María Francisca Díaz del Ángel	53	153	67	30	25	29	9.5	86	47	37	9.5	24	156	35	51	58	45	47
19	Federico Antonio Hernández	52	172	72.5	35	26.5	18	10	92	46	44	10.2	27	167	37	52	58	49.5	50
20	Guadalupe	45	155	60.5	31	22	17	8.5	82	39	42	9.5	22	141	33	41	58.5	45	44.5
21	Isidro Castillo	65	152	64	29	24	18	10.5	86	45	35	11	25	149	35	47	63.5	46	42
22	María Marcela Gregorio Castillo	57	148	63.5	42	25	17	8	85	48	36	9	23	147	34	49	58	44	47
23	Alejandrina	36	149	64	29	22.5	19	9.5	89	49	36	10	24	145	34	46	58	45	44
24	Antonia	34	156	69	33	24.5	19	9	92.5	50	39	9.3	24.5	155	32	47	64	47.5	47
25	Juana Hernández	66	143	64.5	28	23	19	9	81	43	35	8.5	24	150	31	35	57	39.5	45
26	Francisco	38	158	68	32	23	20	9	88	45	38	9	24.5	156	33	39	56	44	47
27	Antonio Pérez	42	157	70	32	24	17	8	92	51	36	9	23	160	35	40	58	46	47
28	Juan Hernández Telles	42	148	62	30	23	18	10.5	82	41	34	9.5	23	150	39	51.5	43	43	41
29	Eleuterio Ramos Morales	38	155	69	30	27	19	8.5	89.5	47	34	10	23	165	42	53	55	41.5	45
30	Gerardo del Ángel Bautista	41	154	71.5	33	25	17	10	88.5	41	40	10	23.5	160	36	50	57	46	46
31	Flores Lorenzo	43	165	68.4	30	25	18	10	94	52	34	9.5	24	155	33	36.5	46	48	45
32	Ramírez Hernández	51	153	70	32	25	20	9.5	85	46	32	10.5	24	158	34.5	44.5	43	41	47
33	Pérez Francisco	49	165	73	33	25.5	21	10.5	94	45	40	10.5	24	169	37.5	44	55.5	45	46
34	Del Ángel Del Ángel	38	156	72	33	27	19	11	96	49.5	38	10	24	164	35	42	43	46	45.5
35	González Del Ángel	40	150	65	28	22.5	20	10	83.5	42.5	31.5	9	22.5	150	37.5	43	40.5	39.5	40.5
36	Télez Silvestre	28	158	68.5	33	25	18	11	91	48	35.5	9	23.5	160	36.5	45	51	44	44
37	Bautista Pérez	35	160	69	33	25.5	20	11	97	52	38.5	8	25	160	38	42.5	57	50	48
38	Del Ángel Antonio	32	160	67	33	24	20	10.5	88	44	40	10	25	160	42	44	46	44	46
39	Ramos Lorenzana	38	145	60	30	22.5	18	10	86	51	30	9	22	145	38.5	50	47	43	41.5
40	Hernández Hernández	20	154	57	31	24	19	10	90	45.5	36.5	9.5	23.5	154	35.5	42	47.5	46	46.5
41	Morales Vicente	37	163	72	33	24.5	21	10.5	99	48	35.5	9.5	26	166	41	51	49	48	46
42	Sofía Cipriano Hernández	46	143	61	28	21.5	18	9	86	46.5	34	8.5	22.5	144	34	43	60	42	42
43	M. Catalina Lorenzana	61	135	56	28	22.5	18	9	78	41	33	9.5	21	141	32	42	44	38	37
44	V. Azucena Bautista Lorenzo	22	151	62	29	23	19	10.5	87.5	48	35	9	24	145	34	42	62	42	46
45	Macedonio Pérez Andres	73	150	66.5	31	24.5	18	9.5	85	44	35.5	9.5	25	165	33	36	55	42	44.5
46	Nazario Pérez Ramirez	28	158	65.5	32	25	21	10	90	46	33	9	24.5	155	33.5	38	58	43.5	45.5
47	Juan Morales del Ángel	28	148	59	27	20	16	9.5	88	49.5	33	10	22.5	144	32.5	40	58	37	46
48	Aurelia Díaz Bautista	48	152	63	30	24	19	11	92	54	32	9	23	148	40.5	47	60	38	44
49	Sergio del Ángel del Ángel	43	145	61	29	22	17	10	90	48	41	9	22	141	35	44	64	40	43
50	María Silvestre Antonio	53	142	62	30	25	17	10	84	43	33	9.5	20	150	35	40.5	52	35	43
51	Santos Pérez Hernández	39	157	70	30	25	21	11	88.5	41	39	10	26.5	167	35	45	52	41	47
52	Elba Heloya Hernández Bautista	50	145	63	31	21.5	16	9.5	90	50	33	8.5	21	146	36	45	54	43	42
53	Anastasia Antonio Flores	35	146	63.5	29	22	17	10	84	48	30	9	20.5	143	31	40	46	39.5	40
54	Honorina Hernández Hernández	67	148	68	32	23.5	18	10.5	90	48.5	34	9.5	23.5	150	31	42	44	40	41
55	Rubicela Hernández Santiago	14	150	60	28	22	18	9	82	43	37	9	22	148	33	49	58	43	45
56	Santos del Ángel	43	153	69	35	27	19	10	90	47	47	10	24	162	35.5	42	62	40	48
57	MEDIA	42	150	64	30	24	18	10	85	45	37	10	23	151	35	44	55	43	45

Una vez obtenidos los datos necesarios se calcula la media de cada uno de los datos para que con este dato se calcule varianza , desviación estandar σ y así poder llegar al valor de los percentiles.

Para el cálculo de percentiles se hace uso de la siguiente fórmula matemática:

$$\text{Percentil 5} = \text{media} - ((\text{Desviación estandar})(1.645))$$

$$\text{Percentil 95} = \text{media} + ((\text{Desviación estandar})(1.645))$$

Tabla 23. Cálculo de varianza, desviación estandar y percentiles.

Varianza	53.344	19.293	7.0993	3.137	3.598	0.787	130.531	11.559	54.931	3.675	5.925	81.337	8.567	22.706	45.390	13.359	8.094
Desviación estándar	54.656	32.869	19.939	13.255	14.195	6.640	85.497	25.442	55.463	14.346	18.216	67.490	21.904	35.659	50.416	27.351	21.290
Percentil 5°	59.792	10.126	-2.326	1.844	-5.088	-1.260	-55.397	3.433	-53.956	-14.056	-7.028	39.680	-1.436	-14.957	-28.207	-1.739	9.459
Percentil 95°	239.611	118.266	63.273	45.453	41.614	20.586	225.888	87.138	128.517	33.144	52.905	261.722	70.629	102.361	137.664	88.248	79.505

4.1.5 Analisis 9 ventanas.

En la siguiente tabla se muestra el analisis 9 ventanas propuesta por G. Altsuller, en donde se contempla la actualidad y el pasado del desfibrado, así mismo se muestra el futuro de la herramienta como se propone que esta sea.

Tabla 24. Analisis 9 ventanas del estudio de herramienta para desfibrado de ixtle.

Espacio	Super sistema	5	2	7
		Comunidades anexas a Tantoyuca Veracruz.	Monterrey	Comunidades anexas a Tantoyuca Veracruz.
	Sistema	4	1	9
		Jidab (maquina rudimentaria que es utilizada para el desfibrado de ixtle)	Maquina extractora de ixtle.	Diseño mecanico del prototipo. Diseño estetico de prototipo. Esfuerzo minimo del operario.
	Sub - sistema	6	3	8
		Es una herramienta que consiste de 2 maderas en forma de "Y" clavadas en un tronco.	Maquina de metal, grande, se usa para extraer fibra de pencas de 45 cm de longitud. Es costosa	Diseño de prototipo desfibrador de Ixtle.
	Pasado	Presente	Futuro	

4.1.6 Triz

A través del análisis 9 ventanas y con ayuda de los tres ¿Cómo's? obtenidos en la matriz QFD (despliegue de función de la calidad) se realiza el análisis mediante la correlación en la matriz de contradicciones, tomando como referencia el parametro numero 32 "**Manufacturabilidad o facilidad para la fabricación**" este parametro se relaciona con 4 parametros los cuales son: 29 "Precisión en la manufactura" 27 "Confiabilidad" 10 "Fuerza" 11 "Tensión y precisión" con dicha correlación será posible hallar dentro de los 40 principios fundamentales para inventar o innovar los necesarios para poder realizar el diseño mas optimo cumpliendo las características necesarias.

En la siguiente tabla se muestra la correlación encontrada notese que la correlación optima son entre los parametros 32 y 11 ya que se obtienen 4 principios de inventiva.

A32	B1. Precisión en la manufactura (29)	No tiene principios
	B2. Confiabilidad (27)	No tiene principios
	B3. Fuerza (10)	(12, 35)
	B4. Tensión y precisión (11)	(1,19, 35, 37)

Los numeros corresponden a los principios que se utilizan en la inventiva de diseño del prototipo desfibrador de ixtle.

1. Segmentación con 3 opciones.

- a) Dividir un objeto en partes independientes.
- b) Hacer un objeto facil de desarmar.
- c) Incrementar el grado de fragmentación o fragmentación de un objeto.

19. Acción periodica. Con tres alternativas.

- a) Reemplazar una acción continua con una periodica o con impulsos.
- b) Si una acción es periodica, cambiar su frecuencia.
- c) Usar pausas entre los impulsos para obtener una acción adicional.


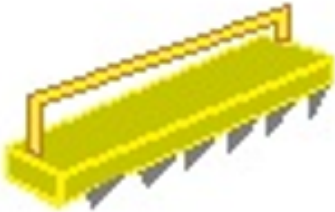
35. Transformación de propiedades. Con las siguientes opciones.

- a) Cambio del estado físico de algún componente del sistema tecnológico.
- b) Cambio de concentración o densidad.
- c) Cambio de temperatura.

4.1.7 Diseño final de prototipo.

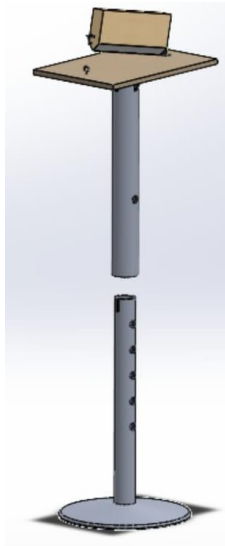
En la siguiente tabla se muestra el diseño final para así proceder a realizar el diseño a detalle en donde se aprecian los materiales que se deben usar, las medidas y las características.

Tabla 25. Diseño final de prototipo aceptado.

Diseño final	Características
	1 madera de 40 cm de largo, 1° cm de ancho y 2 cm de grosor.
	1 tira de aluminio con una cuchilla en punta sin filo.
	Base de madera de medidas 60cm * 40 cm
	Pedestal de acero con un perno para ajustar medida a la altura del operario.
	Silla ajustable
	Características
	1 madera de 15 cm de largo, 5 cm de ancho y 2 cm de grosor.
	6 navajas con una distancia de 1cm
Manija de madera	

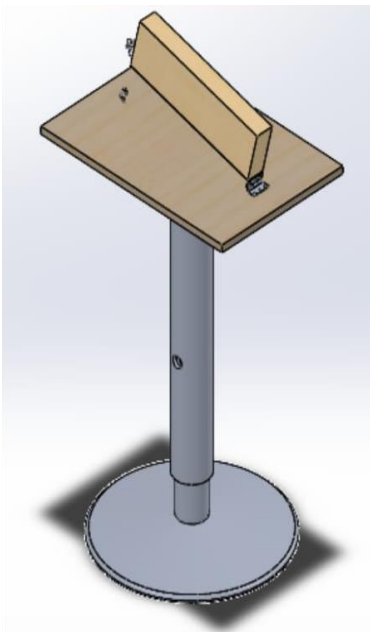
Diseño a detalle del prototipo en software de diseño SolidWorks

Una vez aceptado el diseño del prototipo se procedio a realizar el diseño a detalle en el SolidWorks en las siguientes imágenes se puede observar el diseño.



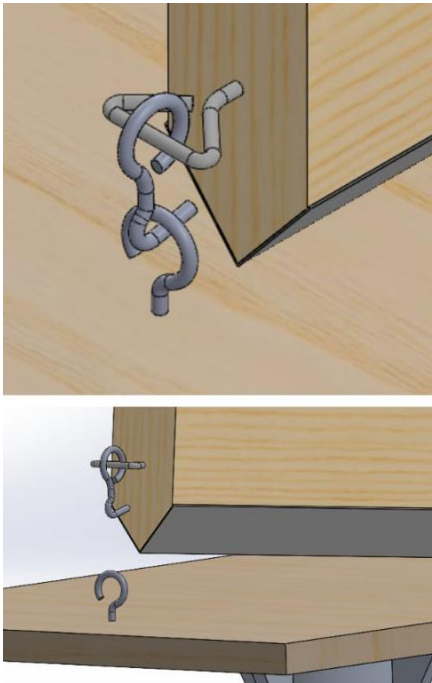
Diseño de prototipo desfibrador de ixtle ajustable a la estatura de los artesanos a través de un perno.

*Figura 32 Vista frontal del prototipo desfibrador de ixtle.
Fuente propia.*



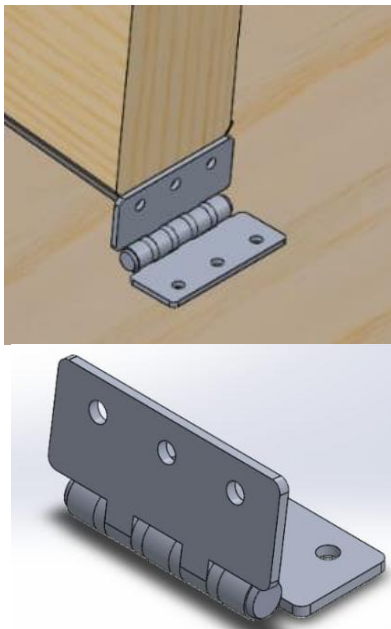
Vista alzada del diseño de prototipo se puede observar la vista desde arriba y como se alzara la tabla para poder realizar el desfibrado.

*Figura 33 Vista alzada de prototipo.
Fuente propia.*



Seguro de desfibrador de ixtle, este permite a la cuchilla desfibradora presionar la penca con la tabla base y así poder obtener el desfibrado adecuadamente sin maltaratr la fibra y sin cauzar demasiado esfuerzo.

*Figura 34 Seguro de desfibrador con tabla base.
Fuente propia*



Bisagra de metal permite abrir y cerrar el desfibrador de ixtle para así alzar la tabla cada vez que se deva cambiar la penca de ixtle.

*Figura 35 Bisagra en el costado del desfibrador.
Fuente propia.*

CAPITULO V DISCUSIONES Y CONCLUSIÓN

Para el diseño ergonómico del prototipo para el desfibrado de ixtle (*agave angustifolia*) el estudio se basó en metodologías propias de ingeniería Industrial entre ellas, QFD, TRIZ Y RULA. Durante dos años se recabo toda información que enriqueciera la investigación para así poder sustentar cada avance e ir teniendo una idea más clara del diseño a realizar.

La labor artesanal es muy atesorada por la dedicación, esfuerzo y talento que se requiere para poder desempeñarla sin embargo en este pequeño sector no ha sido posible ver avances significativos que atribuyan cuidado alguno a los artesanos sin perder la esencialidad de lo artesanal ya que para poder apreciar una artesanía esta debe cumplir con el requisito de ser elaborada con el trabajo manual.

Al asistir con nativos artesanos pertenecientes a la localidad de Xilozuxil se observaron diversos factores que se mencionan a continuación: tiempos excesivos en el desfibrado por cada penca 20 minutos por cada penca, sobre esfuerzo y la herramienta que sirve para el desfibrado a la cual los artesanos llaman “Jidab”. El objetivo desde el inicio fue claro consistía en ayudar a disminuir enfermedades musculoesqueléticas provocadas por malas posturas y esto desde la ingeniería industrial sería posible con el desarrollo de un diseño de un prototipo desfibrador de ixtle contemplando cada detalle en el cuidado ergonómico de artesanos.

Para ir desarrollando las tareas que hicieran posible el objetivo se acudió nuevamente con artesanos y se les realizó una entrevista para saber cuáles eran las principales necesidades en el desfibrado, dicha entrevista se realizó con la finalidad de comenzar a trabajar en el desarrollo de la matriz QFD conociendo las principales necesidades de los artesanos.

Para poder desarrollar el análisis nueve ventanas propuesto por G. Altsuller fue necesario hacer una investigación sobre el pasado y presente en el desfibrado.

Siguiendo los objetivos planteados se realizó una estancia de 51 días dando inicio el 18 de septiembre y concluyendo el 7 de noviembre del 2024 en el Departamento

de Ciencias Básicas e Ingenierías cubriendo un horario de 8 horas diarias. Desde del inicio de estancia se plantearon retos e ideas que contribuyeran al desarrollo eficaz y productivo del proyecto, dentro del laboratorio se conocieron herramientas de medición y posturas, así mismo se comenzó el trabajo con Rula para así evaluar las posturas de los artesanos a través de fotografías en las cuales se podía observar y medir los diferentes ángulos de postura que se adquieren al realizar la labor del desfibrado.

A través de la aplicación de las metodologías QFD Y TRIZ se logró satisfactoriamente diseñar el prototipo haciendo uso del programa Solid Works y así poder dar atención a las principales necesidades de los artesanos.

BIBLIOGRAFÍA

- Antonio, D.-M. J. (2015). *Ergonautas*. Obtenido de Ergonautas: <https://www.ergonautas.upv.es/metodos/rula/rula-ayuda.php>
- Cabello, E. V. (s.f.). Antropometría. *Instituto Nacional de seguridad e higiene en el trabajo*, 21.
- Carlos, L. I., Alejandra, M. G., Alberto, J. D., Alejandro, G. G., & Teresa, L. E. (Junio de 2023). Desarrollo y construcción de una máquina funcional a nivel micro industrial validada para la extracción de fibra de lechuguilla. *Noticiencia forestal*, pág. 11.
- Cruz, J. R. (07 de Abril de 2014). Las ventanas de Triz, aplicaciones. *Revista de Divulgación Científica y Tecnológica de la Universidad Autónoma de Nuevo León*. Obtenido de Revista de divulgación científica .
- David Castillo Quiroz, C. A. (2025). Recolección, Extracción Y Uso De La Fibra De Lechuguilla (Agave lechuguilla Torr. En el estado de coahuila. *Instituto nacional de investigaciones forestales, Agrícolas y Pecuarias*. , 23.
- David Castillo Quiroz, J. T. (2013). PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE LA FIBRA DE Agave lechuguilla Torr. DE CINCO PROCEDENCIAS BAJO PLANTACIONES. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*.
- David, C. Q., Trinidad, S. R., Mariano, N. V., & Antonio., V. R. (2013). Propiedades físico-mecánicas de la fibra de Agave lechuguilla Torr. de cinco procedencias bajo plantaciones. *Revista Mexicana de ciencia forestales* .
- Escobar, E. S., Rodríguez, C. J., & Velasco, O. G. (2005). Despliegue de la función de calidad (QFD); beneficios y limitaciones detectados en su aplicación al diseño de prótesis mioeléctrica de mano. *Ingeniería e Investigación*, 9.
- Hernández, C. P. (2010). *Manual de ergonomía incrementar la calidad de vida en el trabajo* . Formación Alcala.
- Jiménez, J. M. (2019). *Prototipo de aplicación para la simulación modular de procesos*. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- Ma. Elia Esther Hoz-Zavala, P. N. (Junio 2017). Los residuos de agave como factor de corrosión del suelo donde se vierte. *Revista del desarrollo tecnológico* , 14.
- Maldonado, M. C., Monterrubio, R. O., & Arzate, E. R. (2005). *TRIZ La metodología más moderna para inventar o innovar tecnológicamente de manera sistemática*. México: Panorama.
- Martinez, A. S. (2022). *Elaboración de composta a partir del guishe de lechuguilla (Agave lechuguilla Torr.)*. Universidad Autonoma Agraria Antonio Navarro .

- Niebel, B. W., & Freivalds, A. (2009). *Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo*. México: McGrawHill.
- Parra Negrete, L. A., Villar Quiñones, P., & Antonio, P. R. (2010). Extracción de fibras de agave para elaborar papel y artesanías. *Acta Universitaria*, 8.
- Perez del Rio Raudel, C. C. (2013). Diseño y construcción de una desfibradora de hojas de agave angustifolia Haw. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 11.
- Pérez, Y. T. (2021). *Principios teórico-prácticos de ergonomía para el diseño y evaluación de herramientas, puestos de trabajo y máquinas*. Tunja Boyacá: UPTC.
- Raudel, P. d., Magdaleno, C. C., Hector, H. G., & Luis., M. B. (2013). Diseño y Construcción de una desfibradora de hojas de agave angustifolia Haw. *Revista ciencias técnicas agropecuarias*.
- Reyes, A. (2009). *Manejo de ixtle para la manufactura de productos útiles en la comunidad de Xilozuchil municipio de Tantoyuca Veracruz*. Veracruz : Universidad Veracruzana .
- Sampieri, R. H., Collado, C. F., & Lucio, M. d. (2014). *Metodología de la investigación. Sexta edición*. México: McGrawHill.
- Sirvent-Belando, J. E., & Chamorro, R. P. (2009). *Valoración antropométrica de la composición corporal*. España: Universidad de Alicante.
- Valencia, U. P. (2015). *Ergonautas* . Obtenido de Ergonautas : <https://www.ergonautas.upv.es/metodos/rula/rula-ayuda.php>
- Vidal, C. R., & Maroño, J. L. (2015). *Diseño mecánico con SolidWorks 2015*. RA-MA.

ANEXOS



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



INSTITUTO
TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Roque
Departamento de Ciencias Económico
Administrativas

Celaya, Guanajuato, **26/agosto/2024**
OFICIO No. CEA/001368/2024
Asunto: Constancia

A QUIEN CORRESPONDA
PRESENTE

La que suscribe Laura Cupul Moreno, Jefa del Departamento de Ciencias Económico Administrativas, HACE CONSTAR que según documentos de los archivos que obran en ésta Institución, la C. Aurora Martínez Martínez, es COAUTORA del artículo *"Triz como herramienta innovadora en la administración de una empresa"*, arbitrada por pares del comité editorial, el cual aparece en el número 25, año 9, de la Revista Tecnológica CEA de divulgación electrónica internacional del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Roque, el día 30 de junio de 2024, con ISSN 2594-0414, indizada en LIVRE Revistas de Libre Acceso y Cite Factor.

Se extiende la presente a petición de la interesada, para los usos y fines legales que le convengan, en Roque Celaya Gto., a los 26 días del mes de agosto de 2024.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®

"En el campo está la supervivencia y en tus manos la solución"

LAURA CUPUL MORENO
JEFE DEL DCEA

Vo.Bo.

FERNANDO GERMÁN FLORES GUILLÉN
SUBDIRECTOR ACADÉMICO

C.c.p. Fernando Germán Flores Guillén Subdirector Académico TECNOLÓGICO-ROQUE

C.c.p. Laura Cupul Moreno Jefa del DCEA

C.c.p. Israel Servín Gómez Coordinador Comité Editorial

C.c.p. Archivo

FGLG/LCM/ISG



Carretera Celaya-Juventino Rosas Km 8 C.P.38110 Celaya, Guanajuato. Tel. 461 611 5903
y 461 611 6362 Ext. 116 e-mail: jefatura.cea@roque.tecnm.mx | roque.tecnm.mx



2024

Felipe Carrillo
PUERTO

GOBIERNO DEL ESTADO DE GUANAJUATO
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN Y CULTURA
DIRECCIÓN GENERAL DE ADMINISTRACIÓN Y SERVICIOS



VERACRUZ
GOBIERNO
DEL ESTADO



"2023: 200 años de Veracruz de Ignacio de la Llave, cuna del Heroico Colegio Militar 1823-2023"

Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca

OFICIO No. SPEI/124-1/2024

"Experiencia en la Formación de
Profesionistas".

Asunto: Carta de presentación
Tantoyuca, Ver. a 30 de agosto de 2024

DR. RODRIGO LEONARDO GUILLÉN BRETÓN

Secretario Académico

PRESENTE

Apreciable Dr. Guillén Bretón, sirva el presente para saludarle cordialmente y exponerle lo siguiente: como parte de la mejora continua y excelencia académica de cada estudiante de la Maestría en Ingeniería Industrial del Tecnológico Nacional de México, Campus Tantoyuca, deseamos establecer comunicación institucional con la Universidad del Caribe en la Unidad Experimental de Innovación en Humedales Construidos (UEIHC) del Departamento de Ciencias Básicas e Ingenierías por medio de una estancia académica, asesorada por los maestros Jarmen Saíd Virgen Suárez y Mijail Armenta Aranceta con la finalidad de fortalecer vínculos de colaboración para futuros proyectos de investigación que beneficien a ambas instituciones, es por ello que presento a sus finas atenciones al Ing. Aurora Martínez Martínez con número de control M233S0004, estudiante regular del tercer semestre, becario CONAHCyT con CVU 2001068, quien desarrolla el proyecto **"Análisis y Caracterización de Ixtle (Agave Angustifolia) para el Diseño de un Prototipo de Extracción de Fibra a partir de QFD y TRIZ"** siendo su directora de tesis la Dra. Lidilia Cruz Rivero (SNI-1), por lo cual solicito su apoyo en la gestión que considere pertinente para llevar a cabo este proceso.

Sin otro asunto en particular, agradezco la atención a la presente deseándole un excelente día

Atentamente



Dr. Daniel Angeles Herrera

Subdirector de Posgrado e Investigación
del ITS de Tantoyuca

c.c.p. SPEI

Desv. Lindero - Tametate s/n, Col. La Morita
C.P. 92100, Tantoyuca, Veracruz
Tel. 789 893 18 80, 893 15 52 ext. 101,
e-mail: dr_dantoyuca@tecnm.mx
www.itsa.edu.mx



200 ^{años}
VERACRUZ
CUNA DEL HEROICO
COLEGIO MILITAR
1823 - 2023

CARTA DE ACEPTACIÓN

Cancún, Quintana Roo, México a 02 de septiembre de 2024
ASUNTO: CARTA DE ACEPTACIÓN DE ESTANCIA

Aurora Martínez Martínez
Estudiante de la Maestría en Ingeniería Industrial
Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca

Presente.

Por este medio y con base en el oficio SPEI/124/2024 me permito comunicar que **ha sido aceptada** para realizar una estancia académica en el Departamento de Ciencias Básicas e Ingenierías (DCBel) de la Universidad del Caribe para continuar con el desarrollo de su tesis titulada "Análisis y caracterización de Ixtle (*Agave angustifolia*)" para el diseño de un prototipo de extracción de fibra a partir de QFD y TRIZ".

Usted será asesorada por los profesores Mtro. Jarmen Said Virgen Suárez y el Mtro. Mijail Armenta Aranceta, a quienes puede contactar a los siguientes correos electrónicos jvirgen@ucaribe.edu.mx y marmenta@ucaribe.edu.mx.

No omito mencionar que deberá cumplir cabalmente con las actividades comprometidas durante su estancia, la cual será del 18/09/2024 al 07/11/2024; será asignada al Laboratorio de Ingeniería de Métodos para el desarrollo de su actividad.

Sin otro particular, le deseo mucho éxito en este proyecto académico en nuestra institución.

ATENTAMENTE

"Conocimiento y Cultura para el Desarrollo Humano"



M.E.R. Jarmen Said Virgen Suárez
PTC- DCBel



Dr. Mijail Armenta Aranceta
PTC- DCBel

Cancún, Quintana Roo a 6 de junio del 2025
ASUNTO: CARTA DE TERMINACIÓN DE ESTANCIA

Aurora Martínez Martínez (M233S0004)
Estudiante de la Maestría en Ingeniería Industrial
Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca

Presente.

Por este medio y con base en el cumplimiento del 100% de las actividades estipuladas en el plan de trabajo de la estancia académica realizada del 18/09/2024 al 07/11/2024 con una duración total de 408 horas efectivas, me permito extender la presente carta de terminación de estancia.

Durante su estancia en el Departamento de Ciencias Básicas e Ingenierías (DCBeI) de la Universidad del Caribe avanzó significativamente con el desarrollo de su tesis titulada "Análisis y caracterización de Ixtle (*Agave angustifolia*)" para el diseño de un prototipo de extracción de fibra a partir de QFD y TRIZ", asesorada por los profesores Dr. Mijail Armenta Aranceta y M.E.R. Jarmen Said Virgen Suárez.

Quedamos a sus órdenes, por si desea realizar una consulta una vez que tenga recomendaciones con los profesores del Instituto Tecnológico Superior de Tantoyuca.

ATENTAMENTE

"Conocimiento y Cultura para el Desarrollo Humano"



Dr. Rodrigo L. Guillén Bretón
Secretario Académico



LA UNIVERSIDAD DEL CARIBE
OTORGA LA PRESENTE

CONSTANCIA

A

AURORA MARTÍNEZ MARTÍNEZ

POR HABER ASISTIDO AL
**18º CONGRESO DE ESTUDIANTES DE INGENIERÍA
Y PARTICIPAR EN LA PONECIA**

HECHA Y QEDÓ COMO METODILOGÍAS PARA EL DISEÑO ERGONÓMICO DE UH
PROTOTIPO DESFIBRADOR DE INTLE GAGAVE ARIQUSTIHELLA

REALIZADO DEL 06 AL 08 DE NOVIEMBRE EN NUESTRA INSTITUCIÓN
CANCÚN, QUINTANA ROO, A 06 DE NOVIEMBRE DE 2024


DRA. LAURA MARGARITA HERNÁNDEZ TERROCHES
JEFA DEL DEPARTAMENTO DE
CIENCIAS BÁSICAS E INGENIERÍA


DRA. JERICA CORBELLIPADILLA TERROCHES
COORDINADORA DEL CONGRESO DE
ESTUDIANTES DE INGENIERÍA



CIENCIA
CAKOTANÚ | CIENCIA
CAKOTANÚ

Ciencia Cakotanú, A.C.,
otorga la presente

CONSTANCIA A

Aurora Martínez Martínez

Por haber ganado mención honorífica en MT10-2024 categoría maestría, con su presentación: "La ingeniería Textil en el sector artesanal", mediante su participación en el 5º evento anual de charlas de divulgación científica. Llevado a cabo en modalidad virtual del 4 al 6 de noviembre del 2024, en el marco del Día Internacional de la Cultura Científica.

Mérida, Yucatán, México. 17 de noviembre del
2024 CC-CONS-2024-132

Dr. Luis A. Herbert Doctor.
Presidente de Ciencia Cakotanú, A.C.



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



**EL TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
A TRAVÉS DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE
TANTOYUCA**

OTORGA LA PRESENTE

CONSTANCIA

A

AURORA MARTÍNEZ MARTÍNEZ

POR SU DESTACADA PARTICIPACIÓN PRESENTANDO EL PROYECTO JANEEM, EN LA CUMBRE NACIONAL DE DESARROLLO TECNOLÓGICO, **INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN, INNOVATECNM 2024 ETAPA LOCAL** CELEBRADO EL 30 DE MAYO DE 2024 EN ESTE INSTITUTO.

Tantoyuca, Veracruz, a 30 de Mayo del 2024.



DR. ÓSCAR DEL ÁNGEL PIÑA

DIRECTOR GENERAL DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE TANTOYUCA

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR
DE TANTOYUCA



DIRECCIÓN GENERAL





EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



**EL TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
A TRAVÉS DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE
TANTOYUCA**

OTORGA LA PRESENTE

CONSTANCIA

A

AURORA MARTÍNEZ MARTÍNEZ

POR SU DESTACADA PARTICIPACIÓN PRESENTANDO EL PROYECTO
MECHANICAL MONITORING SCANNER, EN LA CUMBRE NACIONAL
DE DESARROLLO TECNOLÓGICO, **INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN,
INNOVATECNM 2024 ETAPA LOCAL**
CELEBRADO EL 30 DE MAYO DE 2024 EN ESTE INSTITUTO.

Tantoyuca, Veracruz, a 30 de Mayo del 2024.



DR. ÓSCAR DEL ÁNGEL PIÑA
DIRECTOR GENERAL DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE TANTOYUCA

INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR
DE TANTOYUCA



DIRECCIÓN GENERAL





TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



**EL TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
A TRAVÉS DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COLIMA**

OTORGA EL PRESENTE

DIPLOMA

A

AURORA MARTINEZ MARTINEZ

POR HABER OBTENIDO EL PRIMER LUGAR
DE LA CATEGORÍA INDUSTRIA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA [POSGRADO]
PRESENTANDO EL PROYECTO MECHANICAL MONITORING SCANNER, EN LA
**CUMBRE NACIONAL DE DESARROLLO TECNOLÓGICO, EMPRENDIMIENTO E INNOVACIÓN,
INNOVATECNM 2024
ETAPA NACIONAL**

CELEBRADO DEL 19 AL 22 DE NOVIEMBRE
CIUDAD DE VILLA DE ÁLVAREZ, COLIMA A 22 DE NOVIEMBRE DE 2024

ANDREA YADIRA
ZARATE FUENTES
**SECRETARIA DE EXTENSIÓN
Y VINCULACIÓN**

HUGO ERNESTO
CUÉLLAR CARREÓN
**DIRECTOR DEL
IT DE COLIMA**

