

**TANA: DISPOSITIVO PREVENTIVO DE LESIONES CÓMO TENDINITIS,
TENOSINOVITIS Y SÍNDROME DEL TÚNEL CARPIANO, GENERADOS POR EL
MANEJO DE TORNOS CONVENCIONALES Y HERRAMIENTAS METAL
MECÁNICAS UTILIZADAS POR OPERARIOS EN ESPACIOS INDUSTRIALES.**

MANUEL IGNACIO BARRETO PORRAS
Mbarreto39@uan.edu.co

DOCENTE:

D.I. JENY ZULAY CARREÑO VARGAS.
jcarreno36@uan.edu.co

UNIVERSIDAD ANTONIO NARIÑO
FACULTAD DE ARTES
PROGRAMA DE DISEÑO INDUSTRIAL

BOGOTÁ D.C.
2.021

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|--|----|
| 1. RESUMEN | 6 |
| 2. METODO GENERAL | 9 |
| 2.1. Problema a Solucionar | 9 |
| 2.2. Justificación | 14 |
| 2.3. Objetivos | 16 |
| 2.3.1. Objetivo General | 16 |
| 2.3.2. Objetivos Específicos | 17 |
| 2.4. Marco de Referencia | 17 |
| 3. DESARROLLO | 23 |
| 3.1. Capítulo del desarrollo coherente al Objetivo 1 | 23 |
| 3.2. Capítulo del desarrollo coherente al Objetivo 2 | 51 |
| 3.3. Capítulo del desarrollo coherente al Objetivo 3 | 67 |
| 4. CONCLUSIONES | 74 |
| 5. RECOMENDACIONES | 76 |
| 6. REFERENCIAS | 77 |
| 7. ANEXOS | 79 |

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfico 1. *Personas con discapacidad según la alteración que más les afecta*.....13

Gráfico 2 *Porcentaje de personas con discapacidad, según el tipo de rehabilitación que necesita*.....13

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 <i>Fisiología Articular.</i> | 19 |
| Figura 2 <i>Fisiología Articular.</i> | 19 |
| Figura 3 <i>Fisiología Articular.</i> | 21 |
| Figura 4 <i>de anatomía para el movimiento.</i> | 21 |
| Figura 5 <i>Universo del proyecto.</i> | 25 |
| Figura 6 <i>Triángulo de contexto.</i> | 26 |
| Figura 7 <i>Triangulo de las herramientas.</i> | 27 |
| Figura 8 <i>caracterización del usuario.</i> | 28 |
| Figura 9 <i>Caracterización usuario</i> | 29 |
| Figura 10 <i>Caracterización usuario.</i> | 30 |
| Figura 11 <i>máquinas-herramientas.</i> | 32 |
| Figura 12 <i>16 Partes del torno paralelo.</i> | 33 |
| Figura 13 <i>Partes del torno paralelo.</i> | 33 |
| Figura 14 <i>Partes del torno paralelo.</i> | 34 |
| Figura 15 <i>Partes del torno paralelo.</i> | 34 |
| Figura 16 <i>Partes del torno paralelo.</i> | 35 |
| Figura 17 <i>Partes del torno paralelo.</i> | 35 |
| Figura 18 <i>Partes del torno paralelo.</i> | 36 |
| Figura 19 <i>Partes del torno paralelo.</i> | 36 |
| Figura 20 <i>Partes del torno paralelo.</i> | 36 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1 <i>Causas y consecuencias.</i> | 9 |
| Tabla 2 <i>Decreto 1477 del 5 de agosto de 2014.</i> | 11 |
| Tabla 3 <i>Elementos de metrología.</i> | 44 |
| Tabla 4 <i>Costos y procesos productivos.....</i> | 72 |

1. RESUMEN

Las lesiones músculo esqueléticas denominadas tendinitis, tenosinovitis y síndrome del túnel carpiano, son el resultado de realizar actividades de movimientos repetitivos y constantes.

Afectan principalmente los tendones, articulaciones, músculos flexores y extensores, causando una inflamación, dolor y un desgaste degenerativo a futuro. El ministerio de salud y protección social en el año 2018 realizó un registro y caracterización de personas con lesiones o alteraciones, con un 34.2 % y encabezando la lista, la alteración del movimiento de extremidades superiores es la que más afecta a los trabajadores. Esto se puede evidenciar en las industrias metal mecánicas, donde los operarios de tornos convencionales buscan cumplir con las cantidades diarias de las piezas de producción. Para esto se enfocan mayormente en la actividad de torneear y dejan de lado los espacios denominados como pausas activas, ya que las empresas solo cumplen con capacitar a los empleados mas no en crear un hábito de auto cuidado para el operario. Actualmente existen diferentes tipos de elementos que cumplen con la función de ejercitar las manos como los aros de goma, pelotas de espuma, bandas elásticas entre otros, que por lo general se utilizan en espacios fuera del entorno laboral cuando ya hay una lesión.

Tomando como base la disciplina de Diseño Industrial, se formula la siguiente pregunta ¿Cómo desde el Diseño Industrial se construye un dispositivo para la prevención de las lesiones como la tendinitis, la tenosinovitis y el síndrome del túnel carpiano, para incentivar el autocuidado en actividades laborales de los operarios de tornos metalmecánicos? Para el desarrollo se toma como base algunos elementos metodológicos, herramientas y métodos planteados por **Alex Milton & Paul Rodgers**, también la caracterización del usuario teniendo en cuenta el diseño

centrado en el usuario para identificar sus actividades, entornos, hábitos y por último el esquema de diseño planteado por **Gui Bonsiepe** donde se toma todo lo relacionado con las ideas para las alternativas de diseño, selección y construcción de una propuesta final.

Como concepto de apoyo para el proyecto se aplica la biomimesis, una forma de inspirar y adaptar mecanismos de la naturaleza para aportar a soluciones a los problemas de los humanos. Finalmente se identifican los axiomas de diseño identificados en las primeras etapas de investigación como: funcionalidad, seguridad, resistencia, relajar y desestresar, que se aplican a través de las relaciones con las posturas ideales para los calentamientos y estiramientos al momento de realizar los ejercicios con el dispositivo de prevención, aportando a la salud física y emocional del operario a la par de los intereses productivos de la empresa.

PALABRAS CLAVES: lesiones, ejercicios, biomimesis, seguridad, concentración.

ABSTRACT

Musculoskeletal injuries called tendonitis, tenosynovitis, and carpal tunnel syndrome are the result of constant repetitive motion activities. They mainly affect the tendons, joints, flexor and extensor muscles, causing inflammation, pain and degenerative wear and tear in the future. The Ministry of Health and Social Protection in 2018 carried out a record and characterization of people with injuries or alterations, with 34.2% and topping the list, the alteration of the movement of the upper extremities is the one that most affects workers. This can be seen in the metalworking industries, where conventional lathe operators seek to meet daily quantities of production parts. For this, they focus mainly on the activity of turning and leave aside the spaces

called active breaks, since companies only comply with training employees but not on creating a habit of self-care for the operator. Currently there are different types of elements that fulfill the function of exercising the hands such as rubber rings, foam balls, elastic bands among others, which are generally used in spaces outside the work environment when there is already an injury. Based on the discipline of Industrial Design, the following question is formulated: How from Industrial Design is a device built for the prevention of injuries such as tendinitis, tenosynovitis and carpal tunnel syndrome, to encourage self-care in work activities of metalworking lathes operators? For the development, some methodological elements, tools and methods proposed by Alex Milton & Paul Rodgers are taken as a basis, as well as the characterization of the user taking into account the user-centered design to identify their activities, environments, habits and finally the scheme of design raised by Gui Bonsiepe where everything related to ideas for design alternatives, selection and construction of a final proposal is taken.

As a support concept for the project, biomimicry is applied, a way of inspiring and adapting mechanisms of nature to provide solutions to human problems.

Finally, the design axioms identified in the first stages of research are identified as: functionality, safety, resistance, relax and de-stress, which are applied through the relationships with the ideal postures for warm-ups and stretching when performing exercises with the prevention device, contributing to the physical and emotional health of the operator at the same time as the productive interests of the company.

KEYWORDS: injuries, exercises, biomimicry, security, concentration.

2. METODO GENERAL

2.1. Problema a Solucionar

Los trastornos músculo esqueléticos son el principal de los problemas a consecuencia de los trabajos que tienen actividades como movimientos rápidos de forma repetida o sobre esfuerzos, generando así una contracción muscular continua de una parte del cuerpo. Estos trastornos afectan la calidad de vida de las personas ya que crean molestias, dolores en las articulaciones y la posibilidad de quedar incapacitado a futuro. Afectan a hombres y mujeres que se extienden en sus deberes laborales y tienen ausencia de descansos. La edad, el peso corporal, estado de salud y antecedentes médicos influyen en el desarrollo de los TME.

| CAUSAS | CONSECUENCIAS |
|---|--|
| Movimientos repetitivos en tiempos cortos | Al no dejar descansar los músculos se genera un desgaste y dolor |
| Pausas activas no proporcionales a las cantidades de trabajo | Sobrecarga muscular y acumulación de lesiones a futuro |
| Sobre esfuerzo muscular en cortos periodos de tiempo | Los músculos y articulaciones no descansan, genera atrofia muscular y molestias |
| Posturas inadecuadas al momento de realizar las actividades | Lesiones musculo esqueléticas |
| Desconocimiento de ejercicios para el cuidado y relajación muscular | Aumento de la incidencia en las lesiones |
| Aceleración en los tiempos de producción | Operarios afanados por el cumplimiento de las cantidades producidas |
| Falta de interés por parte del operario en su cuidado | Acumulación de lesiones que se convierten en enfermedades profesionales |
| Demora en la atención de las entidades de salud correspondientes | Poca asistencia de los afectados |
| Falta de asistencia y control por parte de las empresas | Los operarios no son capacitados en cuidados de acuerdo con su actividad laboral |

Tabla 1 causas y consecuencias, elaboración propia (2021)

Estas lesiones afectan a los tejidos blandos de las extremidades con carga locomotora, como los huesos, ligamentos, músculos, tendones, nervios, articulaciones y vasos sanguíneos. Las áreas más afectadas son: espalda, cuello, hombros, codos, muñecas, rodillas, pies y piernas. Los síntomas relacionados a estas lesiones se manifiestan como:

- Dolor en los músculos y las articulaciones.
- Pérdida de fuerza y sujeción en la mano
- Poca sensibilidad.
- Hormigueo en las extremidades.

La organización internacional del trabajo dicta que las consecuencias de la sobrecarga muscular en las actividades se equiparan a la carga física que experimenta un trabajador en el momento de entrar en contacto con la masa del elemento que va a manipular. Si el elemento es equivalente a la fuerza de la masa muscular la recuperación es rápida, pero si por el contrario la supera (mal manejo de cargas, posturas inadecuadas, mala aplicación de la fuerza) se aumenta la fatiga muscular y la recuperación será lenta.

Las sobrecargas músculo esqueléticas son progresivas y dependiendo de las actividades laborales realizadas se desarrollan diferentes tipos de lesiones. En las extremidades superiores específicamente en las manos se caracterizan principalmente, el síndrome del túnel carpiano, la tenosinovitis y tendinitis, entre otras lesiones y enfermedades en los dedos. Estas lesiones se han convertido en uno de los problemas residuales de los trabajadores, debido a la aceleración en los ritmos de producción, reducción en las pausas laborales y las horas extra, generando un serio incremento en el camino a una invalidez permanente.

El sistema de riesgos laborales- ley 1562 de 2012, se enfoca en prevenir proteger y atender a los trabajadores de los efectos de las enfermedades y los accidentes que puedan ocurrir como consecuencia del trabajo que desarrollan. Esto se define como seguridad y salud en el trabajo, que tiene como objetivo el mejorar las condiciones y salud en el trabajo, para un bienestar físico, mental y social de todos los trabajadores de todas las ocupaciones.

Esta ley considera que es accidente laboral todo suceso repentino por causa de una actividad en el trabajo, se produce una lesión orgánica, una perturbación funcional, mental, invalidez o la muerte. También considera que es enfermedad laboral el resultado de la exposición a factores de riesgo inherentes a la actividad laboral o del medio en el que el trabajador se desempeña.

El gobierno en el Decreto 1477 de 2014 expide la tabla de enfermedades laborales, en las que se evidencia la clasificación de “enfermedades del sistema músculo esquelético y tejido conjuntivo” las cuales se derivan del uso de herramientas manuales y máquinas manuales que generan vibración o impactos que afectan los músculos y articulaciones de las manos.

| GRUPO XII – ENFERMEDADES DEL SISTEMA MÚSCULO ESQUELÉTICO Y TEJIDO CONJUNTIVO | | | |
|---|------------------------|--|---|
| ENFERMEDAD | CÓDIGO CIE - 10 | AGENTES ETIOLÓGICOS / FACTORES DE RIESGO OCUPACIONAL | OCUPACIONES / INDUSTRIAS <small>El listado de ocupaciones e industrias no es exhaustivo. Se mencionan las más representativas, pero pueden existir otras circunstancias de exposición ocupacional.</small> |
| Sinovitis y tenosinovitis Dedo en gatillo Otras sinovitis y tenosinovitis | M65 M65.3 M65.8 | Posiciones forzadas y | Trabajadores que utilizan martillos neumáticos, perforadoras mecánicas y herramientas análogas y digitales, perforistas, remachadores, talladores de |
| Sinovitis y tenosinovitis no especificadas | M65.9 | movimientos repetitivos. | pedra, laminadores herreros y caldereros, pulidores de fundición, trabajadores en fábricas de calzado. Personas con actividades manuales: martilleros, carpinteros, mecánicos, meseros y maleteros. |
| Tenosinovitis del estiloide radial (Enfermedad de Quervain) | M65.4 | Posturas forzadas con desviación cubital de la muñeca y movimientos repetitivos. | Actividades Económicas: Puestos y trabajos con tareas que demandan ejercer actividades con posturas forzadas y movimientos de flexoextensión del pulgar. Puestos de Trabajo: Trabajadores que utilizan martillos neumáticos, perforadoras mecánicas y herramientas análogas y digitales, perforistas, remachadores, talladores de piedra, laminadores herreros y caldereros, pulidores de fundición, trabajadores en fábricas de calzado, jugadores de volley ball. Personas con actividades manuales: martilleros, carpinteros, mecánicos, meseros y maleteros. Anestesiólogos, cirujanos, enfermeras, deportistas: esgrimistas, bolichistas, tenistas y golfistas. |

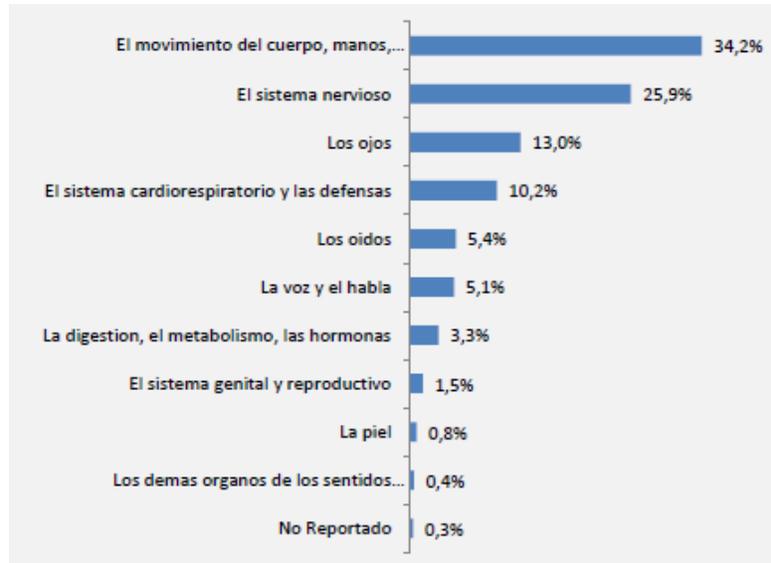
| | | |
|---|---|--|
| <p>Combinación de movimientos repetitivos con fuerza y/o con posturas forzadas de miembros superiores, con alta demanda de tareas manuales o con herramientas de vibración.</p> | <ul style="list-style-type: none"> - Trabajadores de la industria textil (costureros, empacadores, tejedores y bordadores). Trabajadores de cultivos de flores. - Puestos y trabajos con tareas que demandan ejercer actividades manuales intensas en frecuencia y/o fuerza - Empacadores, mecánicos, músicos de cuerdas y percusión, ensambladores de línea, electricistas, pintores industriales, perforadores de piedra, odontólogos, higienistas orales, cajas y trabajadores de aves de corral. | <ul style="list-style-type: none"> > Mononeuropatías de miembros superiores (G56) > Síndrome de Túnel Carpiano (G56.0) > Síndrome de Pronador Redondo (G56.1) > Síndrome de Canal de Guyón. Lesión del Nervio Cubital (Ulnar) (G56.2) > Lesión del Nervio Radial (G56.3) > Compresión del Nervio Supraescapular (G56.8) > Otras mononeuropatías de miembros superiores (G56.8) |
|---|---|--|

Tabla 2 tomada de: Decreto 1477 del 5 de agosto de 2014

Aunque en la tabla se especifican las enfermedades que el gobierno considera laborales, no se puede dejar de lado las enfermedades que de igual manera se van formando por la realización de las actividades del trabajo, como lo son: La tendinitis, la tenosinovitis y el síndrome del túnel carpiano tienen como **causa común los movimientos repetitivos**, con la muñeca en posiciones extremas, mientras se ejecutan esfuerzos con alto nivel de fuerza con la mano, con el brazo o con la muñeca. Estas enfermedades son las más comunes en los trabajadores colombianos.

El Ministerio de Salud y Protección social en el 2018 realizó un registro de localización y caracterización de personas con discapacidad en el cual se ven los datos de personas con lesiones y el tipo de rehabilitaciones que requieren.

Grafica 1 Personas con discapacidad según la alteración que más les afecta



Tomado de: Ministerio de Salud, sala situación de las personas con discapacidad (2018).

Como se puede observar el 34% de las personas refirieron que la alteración que más les molesta es el movimiento de las extremidades.

Grafica 2 Porcentaje de personas con discapacidad, según el tipo de rehabilitación que necesita



Tomado de: Ministerio de Salud, sala situación de las personas con discapacidad (2018).

El 22% de las personas con discapacidad refirieron necesitar rehabilitación en fisioterapia.

Con esto en mente, se identifica la oportunidad para desarrollar un dispositivo que de una mejor respuesta preventiva para mitigar estas lesiones.

Para poder comprobar el planteamiento del problema, se utilizó una herramienta de trabajo de campo denominada entrevista, con este instrumento se recolecto información con la cual se realizó un análisis y a partir de ellos se obtuvieron los siguientes resultados: El dispositivo de diseño va a estar fundamentado en **funcionalidad, seguridad y resistencia**, ya que a partir de encuestas realizadas a los operarios (anexo encuesta 1), el 80% determino que estos tres atributos son la respuesta a lo que comunican para ellos las herramientas que manejan. Aparte es necesario que el dispositivo este cimentado con conceptos como **concentración, relajación y desestresar**, parte de las respuestas de los operarios frente a tener funciones diferentes de las herramientas que utilizan normalmente (*ver anexo encuesta 2*).

En la fase que se va a involucrar el dispositivo es en las **pausas activas**, ya que luego de identificar las actividades de **apretar y desapretar la copa o torreta** de los tornos por medio de herramientas para el ajuste de piezas, se determinó que es la actividad que más se repite en una jornada laboral y es la que más fuerza requiere, seguido de los demás procesos productivos. (*ver anexo encuesta 2*).

2.2. Justificación

Según el Ministerio de Salud y Protección social, actualmente en Colombia existen cerca de 3 millones de personas que presentan lesiones de carácter músculo esquelético que conlleva a dolores y malestares en las articulaciones. De ellas 450.000 presentan condiciones de síndrome del carpiano, tendinitis, tenosinovitis entre otras. El Ministerio de Salud y Protección Social,

reveló que el 27% de las enfermedades profesionales reportadas son por el síndrome del túnel carpiano, una inflamación de las articulaciones de las manos. El tratamiento de ese mal y de otros derivados de actividades ocupacionales le cuesta al país alrededor de cinco billones de pesos (unos dos mil 120 millones de dólares) al año. Lamentablemente la mayoría de pacientes no tiene acceso a un tratamiento multidisciplinario que debe incluir una guía en áreas como la ortopedia, fisioterapia, psicología, enfermería, terapia física y ocupacional, nutricionista y demás profesionales involucrados.

Las manos como uno de los principales elementos de acción del cuerpo humano, presenta el mayor impacto de afectación para los trabajadores de maquinarias y operadores de herramientas. Lamentablemente el sistema de salud no cubre la demanda total de los afectados, lo que genera un complejo proceso de recuperación de estas lesiones. Teniendo en cuenta los diferentes tratamientos y medicamentos que se usan, no es viable que todos puedan adquirir un servicio ideal, lo que causa inasistencias y falta de interés por adquirirlos, lo cual les afecta en su vida personal y disminuye su calidad de vida. El alivio y disminución de los dolores que causan las lesiones en las manos, se convierte en un resultado positivo, ya que la persona puede seguir con sus actividades funcionales de forma independiente sin la preocupación de ser una carga para los integrantes de su familia, aportando a su vida social sin dejar de lado los cuidados que debe llevar para mantener su salud. Se debe tener en cuenta las dimensiones emocionales para finalmente mejorar la autoestima y la percepción que tienen las personas frente a estas lesiones.

Se investigan diferentes áreas del conocimiento que aportan al desarrollo de este proyecto. Partiendo de las ciencias de la salud como la medicina la cual nos da explicación de cómo las

lesiones músculo esqueléticas se convierten en enfermedades específicas de acuerdo al tipo de lesión. En el marco de la fisiología se identifican las partes y elementos osteomusculares, así se hace una relación de los movimientos de las manos con la ergonomía ideal de las posturas cuando se van a manipular elementos. En el aspecto tecnológico se investiga acerca de los dispositivos que se relacionan con la actividad operativa del torno convencional. Por último, el diseño industrial a partir del uso de metodologías y herramientas de análisis, identifica las necesidades y/o problemáticas que aquejan a la sociedad, para posteriormente articular la información pertinente y transformarla en una respuesta emocional, objetual, estética y funcional, que permite a los usuarios mitigar las dolencias y satisfacer las necesidades identificadas. Para este caso de desarrollo el diseño industrial es la disciplina ideal para identificar las falencias de los espacios de trabajo, operaciones, acciones del operario con las máquinas y herramientas de apoyo, con el fin de dar una respuesta ideal para realizar los trabajos metal mecánicos sin generar un daño acumulativo que se convierte a futuro en una lesión músculo esquelética como la tendinitis, la tenosinovitis y el síndrome del túnel carpiano.

2.3. Objetivos

2.3.1. Objetivo General:

Desarrollar un dispositivo para la prevención de lesiones como la tendinitis, la tenosinovitis y el síndrome del túnel carpiano, para los operarios de tornos convencionales del sector metal mecánico, abarcando los espacios de las pausas activas, involucrando el dispositivo con ejercicios de calentamiento, estiramiento y relajación, con el fin de habituar el autocuidado de los operarios en sus actividades laborales.

2.3.2. Objetivos Específicos:

- Identificar las condiciones que conllevan a los operarios a lesiones como la tendinitis, la tenosinovitis y el síndrome del túnel carpiano, analizando el usuario, contexto, actividad, posturas, ergonomía, ejercicios y referentes relacionados a la prevención de estas alteraciones.
- Diseñar el dispositivo a partir de las relaciones entre lo formal, funcional, ergonómico, biomimesis, axiomas de diseño como concentración, seguridad, desestresar y los materiales que corresponden al desarrollo de los ejercicios de calentamiento, estiramiento y relajación.
- Demostrar la relación del dispositivo con el usuario y su uso en las pausas activas en su entorno laboral.

2.4. Marco de Referencia

LA MANO.

La mano es la mejor herramienta que la naturaleza le pudo otorgar al hombre, principalmente por sus acciones como agarre y presión. Esto se debe a la disposición del pulgar en sentido opuesto a los dedos de la mano. (kapandji) Desde el punto de vista fisiológico, la mano representa la extremidad efectora del miembro superior que constituye su soporte logístico y le permite adoptar la posición más favorable para una acción determinada.

Aunque la mano sea un elemento para ejecutar acciones y movimientos, también tiene una gran capacidad receptivo sensorial, lo que quiere decir que es extremadamente sensible y de gran

precisión. La mano tiene una fuerte conexión con el cerebro y es prácticamente la comunicadora principal de las texturas, temperaturas y demás información que le es indispensable al cerebro para tener una visión clara y completa del mundo que nos rodea.

La mano como elemento de prensión, posee una disposición orgánica que le permite extenderse y recogerse sobre sí misma, abarcando un objeto. Se adapta a las diferentes variaciones de los objetos, ya sean planos, esféricos, curvos, robustos, pequeños, largos, corte, etc.

La mano también tiene una función de recepción sensorial. Permite sentir los diferentes elementos que nos rodean, al sentir y transmitir al cerebro estímulos que se convierten en experiencias y memorias de cómo se perciben los entornos en donde habitamos. También permite evidenciar distanciamientos que, en relación con la visión, crea percepciones dimensionales de los objetos que manipula.

-Arquitectura de la mano:

Una de las características más importantes de la mano es su capacidad de adaptación a diferentes superficies ya que la estructura que la integra permite su articulación. La mano se puede expandir o aplanar gracias a las secciones que tiene como lo son:

1. La eminencia tenar.
2. La eminencia hipotenar.
3. La cabeza de los metacarpianos.
4. La cara palmar de las falanges.

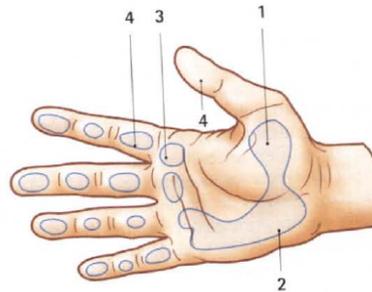
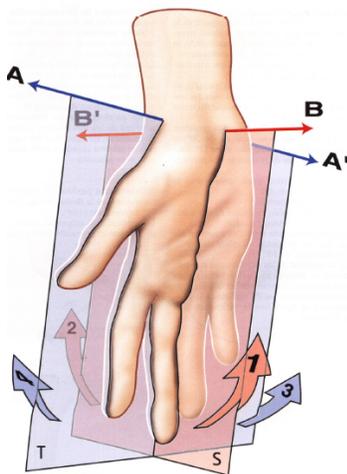


Figura 1 Tomada de Kapandji Fisiología Articular Tomo 1, página 205 (2006)

LA MUÑECA

La muñeca, articulación distal del miembro superior, permite que la mano -segmento efector- adopte la posición óptima para la prensión. De hecho, el complejo articular de la muñeca posee dos grados de libertad. Con la pronosupinación, rotación del antebrazo sobre su eje longitudinal, que añade un tercer grado de libertad a la muñeca, la mano se puede orientar en cualquier ángulo para coger o sujetar un objeto. (Kapandji-Fisiología Articular Tomo I, 2006).

La muñeca que posee un largo eje longitudinal le permite a la mano tener tres diferentes posiciones de libertad y así poder orientarse en cualquier ángulo para tomar un objeto. El elemento central de la muñeca es el carpo, conjunto compuesto por ocho pequeños huesos.



- Flexión
- Extensión
- Aducción
- Abducción

T: plano trasversal AA'

S: plano sagital BB'

Figura 2 Tomada de Kapandji Fisiología Articular Tomo 1, página 149 (2006)

La muñeca presenta dos movimientos principales, la flexión y la extensión. En el primero la palma se aproxima a la cara anterior del antebrazo mientras que en el segundo la parte posterior de la mano se aproxima a la parte posterior del antebrazo. Con estos movimientos se evidencia la relación y las posibilidades que la muñeca le permite a la mano.

- Un eje AA', transversal, perteneciente al plano frontal T. En torno a este eje se realizan los movimientos de flexoextensión en el plano sagital:

-Flexión (flecha 1): la cara anterior o palmar de la **mano se aproxima a la cara anterior del antebrazo;**

-Extensión (flecha 2): la cara posterior o dorsal de la mano se aproxima a la cara posterior del antebrazo.

- Un eje BB', anteroposterior, perteneciente al plano sagital S. En torno a este eje, en el plano frontal, se efectúan los movimientos de **aducción-abducción, que algunos autores denominan de forma abusiva e imitando a los anglosajones, inclinación** o desviación cubital o radial:

Aducción o inclinación cubital (flecha 3): la mano se aproxima al eje del cuerpo y su borde interno -o borde cubital (el del meñique)-, forma, con el borde interno del antebrazo, un ángulo obtuso abierto hacia dentro.

Abducción o inclinación radial (flecha 4): la mano se aleja del eje del cuerpo y su borde externo -o borde radial (el del pulgar)- forma, con el borde externo del antebrazo, un ángulo obtuso abierto hacia fuera.

Movimientos de la muñeca: Estos movimientos se miden a partir de la posición anatómica de la mano, teniendo en cuenta el eje metacarpiano en relación con el eje del antebrazo (figura 2).

-Abducción: es una inclinación radial que no sobrepasa los 15° (figura 3).

-Aducción: es una inclinación cubital de 45°, se mide a partir del eje central del antebrazo, hasta el tercer dedo de la mano (línea azul).

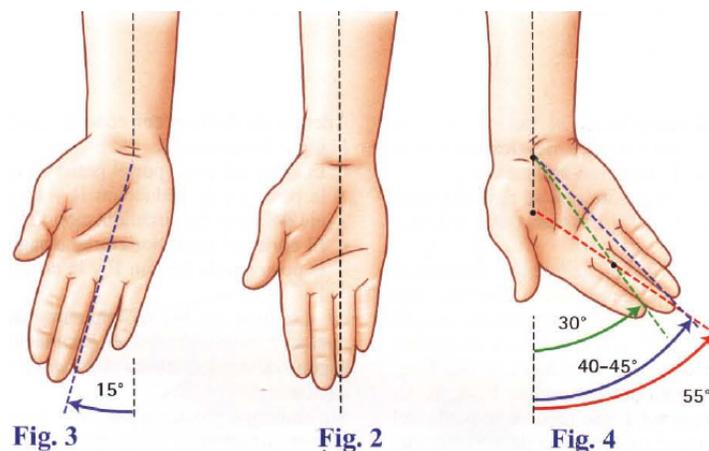


Figura 3 Tomada de Kapandji Fisiología Articular Tomo 1, página 150 (2006)

ERGONOMÍA

Según la Asociación Internacional de Ergonomía, en la actualidad la ergonomía está en fase de expansión. Ello se debe a la importancia creciente que en los últimos años se ha ido dando a estos temas debido al incremento sustancial de los daños derivados por trastornos musculoesqueléticos, hasta llegar a que la palabra **ergonomía**, haya pasado a formar parte del vocabulario habitual en todos los ámbitos, desde el laboral hasta el diseño.

Actualmente existe la necesidad de tener en cuenta a la persona a la hora estructurar los puestos de trabajo a fin de conseguir un diseño correcto que minimice los riesgos debidos a unas condiciones de trabajo no adecuadas, considerando los riesgos de accidente y enfermedad profesional. De acuerdo al libro *ergonomía para el diseño* (Cecilia Flores-2001), los avances en la ergonomía no sólo centran el diseño en aspectos de la persona, también su entorno de trabajo. Esto tiene en cuenta de todo lo que pueda afectar a la salud, es decir la búsqueda de una interrelación equilibrada entre los aspectos personales, del entorno ambiental, organizativos y de la tarea que se realiza.

ERGONOMIA LABORAL

Consiste en diseñar los productos y los trabajos de manera que sean estos los que se adapten a las personas y no al revés. Las personas son más importantes que los objetos o que los procesos productivos, por tanto, en aquellos casos en los que se plantee cualquier tipo de conflicto de interés entre personas y cosas, deben prevalecer los de las personas. Se debe tener en cuenta a la persona, la máquina, el entorno, el ambiente, como llega la información al trabajador y la organización del trabajo. (*Manual para la identificación y evaluación de riesgos laborales. Generalitat de Catalunya, 2015*)

BIOMIMESIS

La biomimesis es un análisis que aprende de las mejores soluciones de la naturaleza para los problemas humanos. La creación y adaptación de mecanismos naturales que permiten el desarrollo de un diseño innovador. La etimología hace referencia a **bio** = vida y **mimesis** =

imitar. Esto quiere decir que observa y estudia el mundo natural de un modo creativo e innovador. A través de la observación, la comprensión y la integración de las estrategias biológicas del mundo natural se puede construir una respuesta ideal para un problema específico (*Benyus J (2012)- Biomimesis: Innovaciones inspiradas por la naturaleza*, Londres, Inglaterra: Tusquets Editores S.A.).

3. DESARROLLO

3.1. Capítulo del desarrollo coherente al Objetivo 1:

Identificar las condiciones que conllevan a los operarios a lesiones como la tendinitis, la tenosinovitis y el síndrome del túnel carpiano, analizando el usuario, contexto, actividad, posturas, ergonomía, ejercicios y referentes relacionados a la prevención de estas alteraciones.

LESIONES DEBIDO A MOVIMIENTOS REPETITIVOS

Las lesiones de la mano y muñeca, causadas o agravadas por movimientos repetitivos, ocurren usualmente en entornos industriales.

La tendinitis, la tenosinovitis y el síndrome del túnel carpiano tienen como causa común los movimientos repetitivos, con la muñeca en posiciones extremas, mientras se ejecutan esfuerzos con alto nivel de fuerza con la mano, con el brazo o con la muñeca (Mayo Clinic 2015).

Las posiciones extremas de la muñeca son la extensión, la flexión, la desviación cubital y la desviación radial.

Cuando la muñeca está en estas posiciones, la flexión o el movimiento repetitivo mientras se ejerce fuerza resulta en trauma de los nervios y tendones. La prolongación de esta condición, con el transcurso del tiempo, resultará en lesiones de los dedos, de la mano y de la muñeca.

(anatomía para el movimiento- tomo 1 2012)

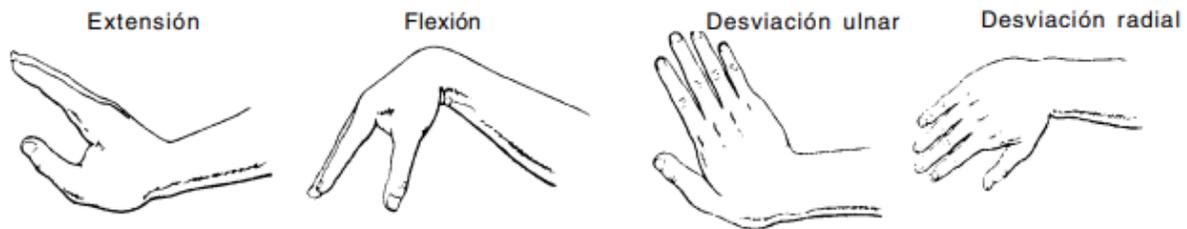


Figura 4 Tomada de anatomía para el movimiento- tomo 1 (2012)

Entre los factores causantes relacionados con lesiones y enfermedades debidas a movimientos repetitivos, los más habituales son:

- Ejecutar operaciones manuales repetitivas cuando la muñeca y la mano están en posiciones extremas.
- Ejecutar trabajos manuales repetitivos mientras se ejerce niveles altos de fuerza (ejemplo: golpear con herramientas de mano o con la base palmar de la mano).
- Ejecutar tareas manuales que provocan la concentración de altos niveles de fuerza en la palma de la mano. (El usar herramientas manuales de diseño convencional para trabajos que requieren altos niveles de fuerza y fuerza de torsión).
- Ejecutar operaciones manuales que requieren el uso de la posición de pellizco de la mano.
- El uso de herramientas manuales que vibren y producen una vibración de baja frecuencia (10-60 Hertzios).

Triángulo del proyecto: en el siguiente triángulo se identifica el universo que hace parte del proyecto, teniendo en cuenta tres aspectos importantes, como el contexto, usuario y objetos relacionados. Cada uno de ellos se analizan aspectos de movimiento, espacio y tiempo, factores que hacen parte de este universo. Luego se hacen relaciones entre los cruces de estos para identificar posibles conductas, acciones o espacios de trabajo del operario (elaboración propia de los triángulos).

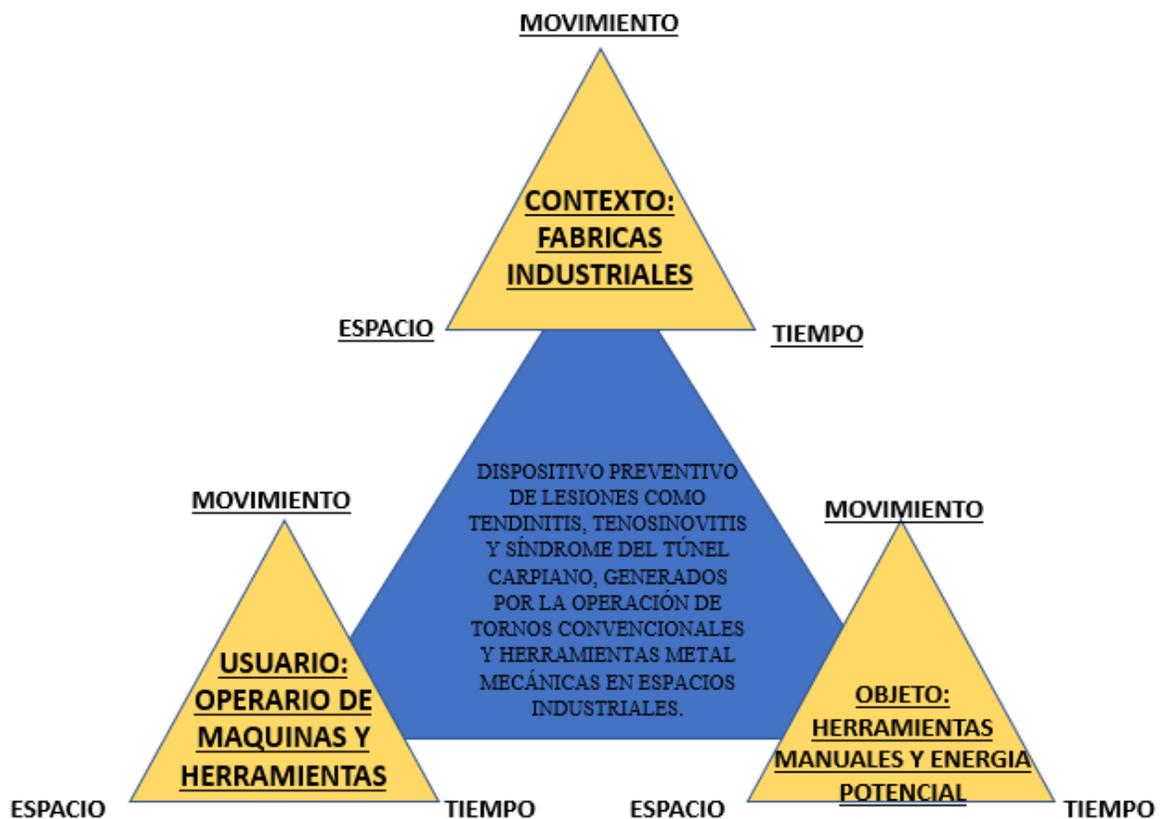


Figura 5 Universo del proyecto, elaboración propia (2020)

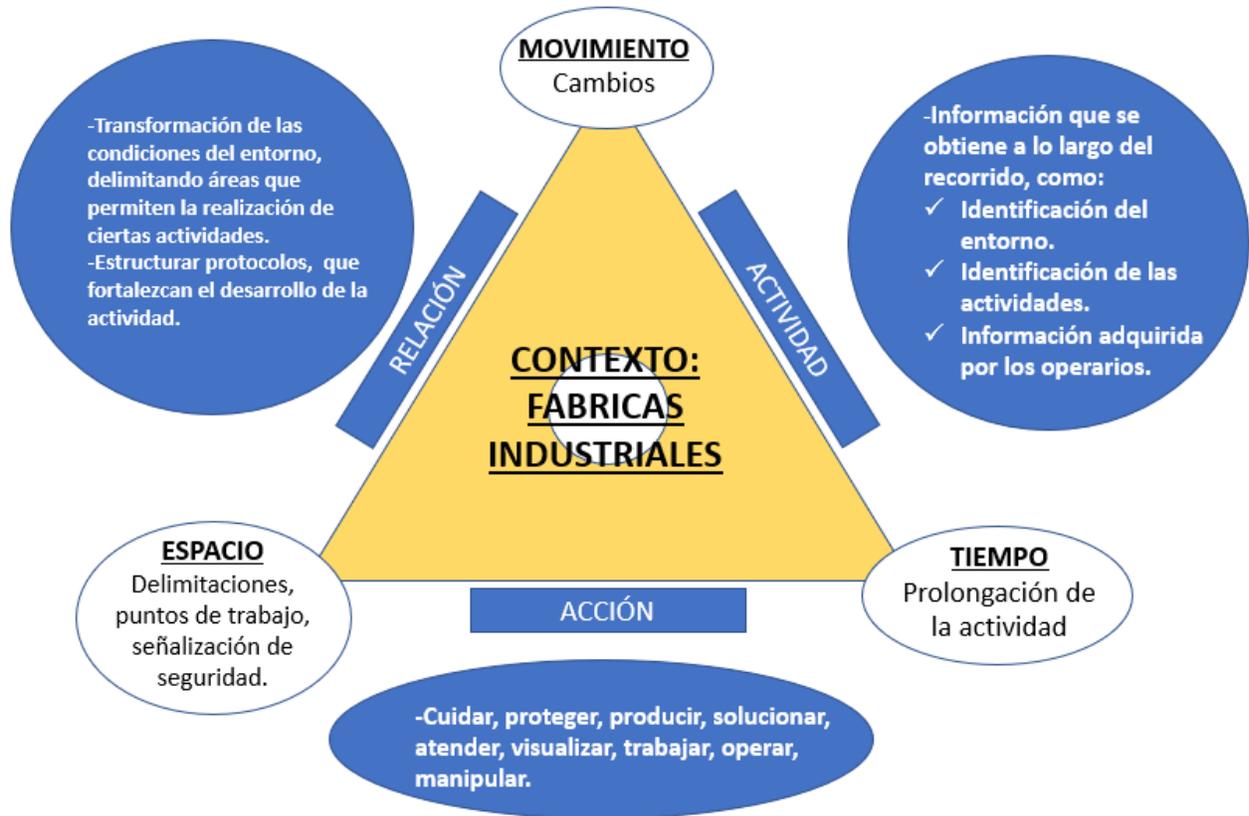


Figura 6 Triángulo de contexto, elaboración propia (2020)

Se puede identificar como en el contexto de las fábricas industriales se desarrollan cambios de movimiento, espaciales y temporales, de los cuales se puede resaltar **acciones** de trabajar, operar, solucionar, proteger, en **relación** con la transformación de espacios para fortalecer las actividades, generando una información adquirida de cómo se debe realizar la actividad en ese espacio.

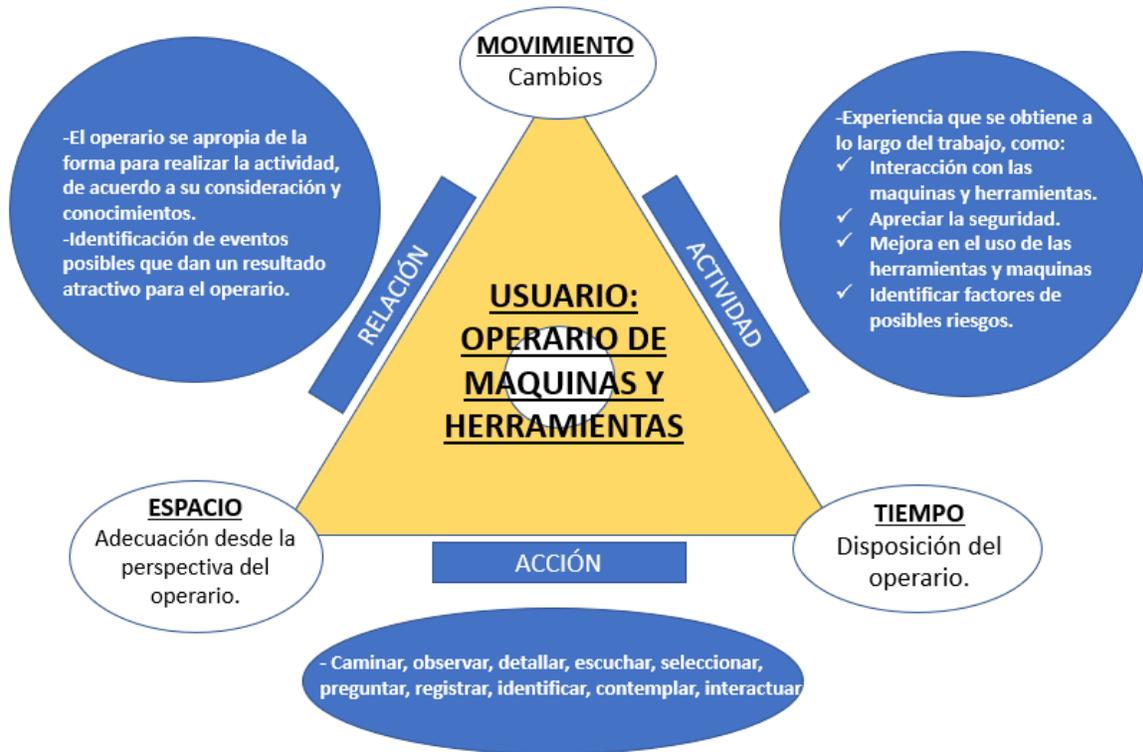


Figura 7 Triangulo del operario, elaboración propia (2020)

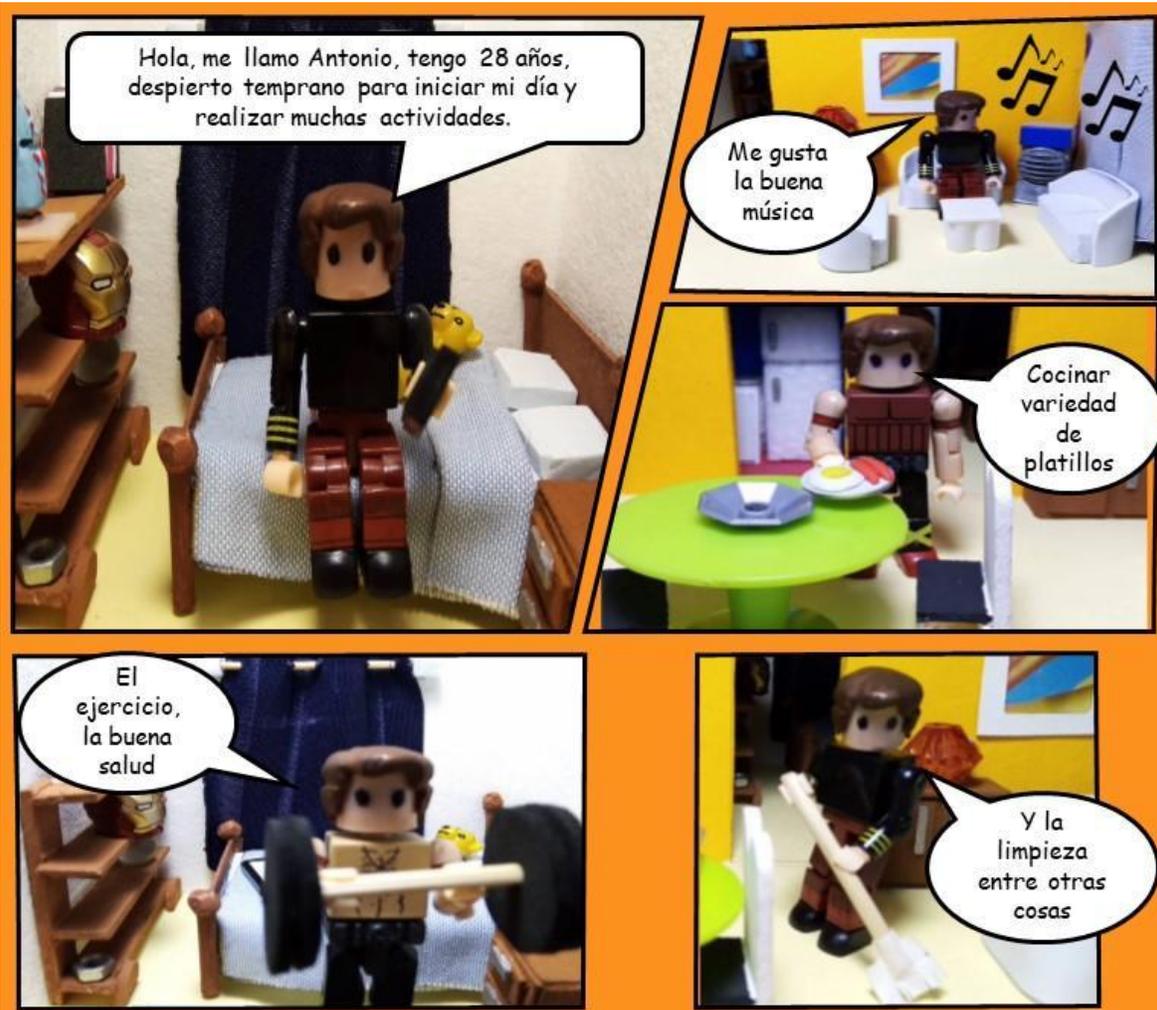
Se puede identificar las funciones del **operario** de tornos convencionales y cómo se desarrollan cambios de movimiento, espaciales y temporales, de los cuales se puede resaltar **acciones** de caminar, observar, detallar, escuchar, entre otras, en **relación** con la apropiación del espacio de acuerdo a la consideración del operario, para prever posibles resultados atractivos, generando una experiencia que le ayuda a mejorar en la actividad de mecanizar.



Figura 8 Triángulo de las herramientas, elaboración propia (2020)

Se puede identificar las prestaciones de las **herramientas** de tornos convencionales y cómo se utilizan para efectos de movimiento, espacio y temporalidad, de los cuales se puede resaltar **acciones** de enfocar, sostener, manipular, acomodar, encajar, entre otras, en **relación** con patrones de trabajo a consideración del operario, generando una experiencia del uso de las herramientas y optimización de procesos.

CARACTERIZACIÓN DEL USUARIO *figura 9*



Usuario

A partir de las encuestas realizadas (ver anexo encuesta 1 y 2) a 10 operarios de turnos, 9 hombres y 1 mujer entre los 21 y 57 años, se identifica que:

- La **experiencia laboral** que tienen esta entre los **4 y los 35 años**.

- El **horario de trabajo** es de turnos rotativos de **8 horas** de lunes a sábado

- **Las actividades que realizan en la empresa son:** ajustar la maquina, ajustar medidas, realizar piezas como ejes, manzanas de fundición, piñones, ruedas, bujes, Bujes de fundición, rodillos, pasadores, casquetes y llevar un control de las dimensiones.

- **Las pausas activas** el 70 % las realiza cada 3 horas y el 30% cada 2 horas

- **Momentos de tensión:** el 90% respondió que el realizar muchas piezas en serie realizando movimientos repetitivos.



Trabajo en una empresa metal mecánica, cómo operario de torno convencional.

Realizo montajes y mecanizados de piezas para cadenas transportadoras



Para esto requiero de diferentes herramientas de ajuste de piezas



Al final de la jornada siento un cansancio por todas las actividades

- La actividad con **mayor esfuerzo físico** corresponde a un **90% apretar la pieza en la copa.**

- **Cómo se sienten anímicamente** realizando la actividad: **concentrado** en un **90%**

- Los **miedos** que en mayor medida le genera la actividad son los de: tener una **lesión** y la posibilidad de un **accidente.**

- De las piezas **mas fáciles** de realizar, la cantidad por turno es: **200 a 400** piezas

- **Funciones** que le gustaría que tuviera una herramienta diferente: **relajar** 90% y **desestresar** en un 80%

- Al final de la jornada **cómo se sienten físicamente:** el 75% **cansado** y el 25% **adolorido.**

- La **herramienta** con la que se tiene mas contacto: 75% herramientas de **ajuste** de piezas (llaves de copa y torreta).

- De las piezas **mas difíciles** de realizar, la cantidad por turno es: **0 a 25.**

Figura 10 Caracterización usuario, elaboración propia (2020)

Teniendo en cuenta las respuestas de las encuestas realizadas, se identificó que los usuarios operarios de los turnos convencionales tienen una larga experiencia de hasta los 35 años, esto quiere decir que tomaron este oficio como un modo de sustento laboral desde muy jóvenes. También sus jornadas de trabajo son de 8 horas diarias por 6 días a la semana y si se tiene en cuenta que la acción que más se repite es la de apretar y soltar la pieza a mecanizar con las llaves de copa y de torreta, la cantidad de repeticiones por turno aproximadamente son de 200 a 400 veces para las piezas de fácil elaboración, lo que quiere decir que **en una semana laboral** se pueden hacer un **promedio de 1200 a 2400 repeticiones** de la acción de apretar y soltar. De acuerdo a las demás respuestas se pudo notar que al final de la jornada laboral los operarios se sienten físicamente cansados y adoloridos, esto se puede relacionar con las pausas activas que **no tienen un horario estándar** por la empresa y **cada operario determina en qué momento las realiza o no**. Los miedos que más le preocupan de la actividad son la posibilidad de tener una lesión seguida de un accidente laboral. Finalmente considerando lo que les gustaría en una herramienta diferente a las que manejan habitualmente, las funciones que mencionan son las de **relajar y desestresar** aportando factores de **concentración, funcionalidad, seguridad y resistencia** en el desarrollo de la actividad. Con esto en mente se plantean los fundamentos base del proyecto.

CONTEXTO ESPECÍFICO

Industrias metal mecánicas: las industrias metalmecánicas son las que se encargan de producir maquinarias e insumos a la mayoría de las actividades económicas para su reproducción, como la

industria manufacturera, construcción, automotriz, minería agricultura, alimenticias y demás.

El principal insumo es **el metal y las aleaciones de hierro** para la utilización de bienes de capital productivo.

ACTIVIDAD ESPECÍFICA

En la industria metalmecánica se pueden identificar varias formas de transformar los elementos metálicos a partir del uso de diferentes herramientas y maquinas ya sean eléctricas o manuales.

El mecanizado es un proceso de fabricación que comprende un conjunto de operaciones de conformación de piezas mediante la eliminación de material, ya sea por arranque de viruta o por abrasión.

Torno convencional:

El torno es una **máquina herramienta** que permite mecanizar piezas de forma geométrica (cilindros, conos) Estos dispositivos se encargan de hacer girar la pieza mientras las herramientas de corte son empujadas contra su superficie, cortando las partes sobrantes en forma de viruta. se utiliza principalmente para operaciones de torneado rápido de metales, madera y plástico.

Partes del torno convencional



Figura 11 imagen tomada de: ingmecafenix.com/otros/maquinas-herramientas/el-torno/

Operaciones en un torno: Cilindrado, refrentado, taladrado, escariado, moleteado, mandrinado, chaflanado, tronzado, roscado, ranurado, torneado cónico, contornos, formas.

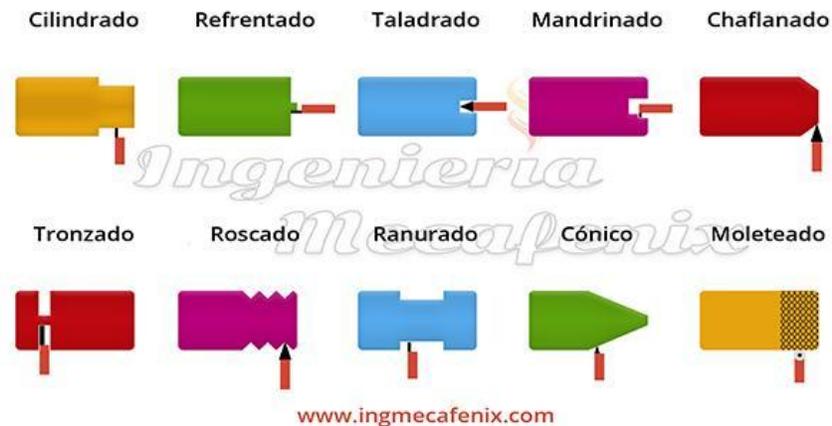


Figura 12 imagen tomada ingmecafenix.com/otros/maquinas-herramientas/el-torno/

Herramientas de corte de un torno: Se conocen como buriles o cuchillas de corte. Los buriles se pueden clasificar de acuerdo a su uso, los principales son:

- **Buriles de desbaste:** Rectos: derechos e izquierdos. Curvos: derechos y curvos.
- **Buriles de afinado:** Puntiagudos, cuadrados.
- **Buriles de corte lateral:** Derechos, izquierdos.
- **Buriles de forma:** corte o tronzado, forma curva, roscar, desbaste interior.

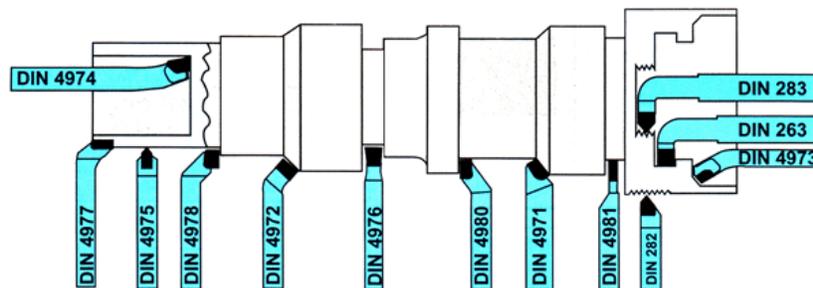


Figura 13 imagen tomada ingmecafenix.com/otros/maquinas-herramientas/el-torno/

Pasos de la actividad, de acuerdo a las encuestas realizadas (ver anexo encuesta 1):

1. Primero se usa una llave de copa específicamente diseñada para que la **copa abra las mordazas**, esto permite que se pueda introducir la pieza a trabajar.

-La copa tiene tres o cuatro mordazas dependiendo la geometría de la pieza y permiten el sostener y apretar el material mientras está girando.

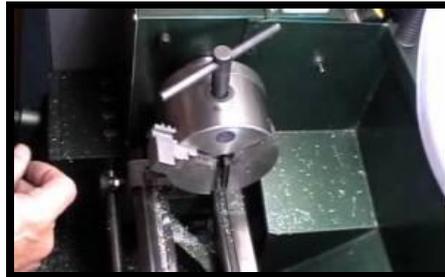


Figura 14 Imagen tomada de captura de video: partes del torno paralelo

2. **Cerrar las mordazas:** Se cierran las mordazas girando la llave en la dirección opuesta. Se debe utilizar tanta fuerza como sea necesaria, dependiendo del tipo y forma del material.

-Se debe apretar firmemente para evitar que se deslice o se suelte, así se evita daños al operario, maquina o herramienta.



Figura 15 Imagen tomada de captura de video: partes del torno paralelo

3. **Ubicar la herramienta:** En la porta herramienta giratorio, se le da la altura a la herramienta, luego se aprieta y se ajusta el ángulo de corte.

-Todo esto es posible con la llave que genera torción para apretar.

-Se debe apretar firmemente la herramienta y el eje de la porta herramientas.



Figura 16 Imagen tomada de captura de video: partes del torno paralelo

4. Ajustar las revoluciones del torno: El operario acomoda las revoluciones para trabajar, esto por medio de la caja de cambios que traen los tornos llamada **caja Norton**.

-Las revoluciones se deben ajustar dependiendo la operación a realizar, la geometría del material y el diámetro.



Figura 17 Imagen tomada de <https://www.wikiwand.com/es/Torno>

5. Encender el torno: El operario enciende el torno accionando la palanca localizada en la parte inferior de la máquina.

-La palanca tiene dos direcciones que permiten el giro de la copa ya sea en sentido horario o anti horario.



Figura 18 Imagen tomada de <https://www.wikiwand.com/es/Torno>

6. Llevar la herramienta al material: El operario manipula las manivelas de los ejes de movimiento de la herramienta, con esto la desplaza a través de la bancada hasta el punto 0 identificado en el material.

-El uso de los diales requieren de un constante movimiento de los brazos y las manos, ya que se debe mantener la precisión y control para el desbaste del material.



Figura 19 Imagen tomada de captura de video: partes del torno paralelo

7. Desmontaje de la pieza o las herramientas: Se utilizan las llaves especiales para soltar las piezas para cambiarla y continuar con otros procesos de torneado.



Figura 20 Imagen tomada de <https://www.wikiwand.com/es/Torno>

Generalidades identificadas:

-En el proceso de torneado también se utilizan más herramientas que permiten la operación del torno y por lo tanto su manipulación es indispensable.

-Las piezas a trabajar en el torno pueden ser desde muy pequeñas hasta muy grandes, esto requiere de la precisión y la buena manipulación de las mismas.

-El montaje de las piezas puede variar con respecto a la operación y las dimensiones de la herramienta y la pieza.

-Las partes intercambiables del torno, también requieren de un conocimiento y una precisión manual al momento de su acople a la máquina.

POSTURAS: TIPOS DE PRENSIÓN DE LA MANO DEL OPERARIO EN SUS ACTIVIDADES.

El ciclo de trabajo del operario en el torno, demanda una serie de posturas en las manos que permiten la realización de las diferentes actividades, dependiendo de su necesidad. Se hace una relación entre las posturas y la actividad de acuerdo a los tipos de prensión nombrados en

Kapandji Fisiología Articular Tomo I, capítulo de lá mano. Esto con el fin de identificar los posibles contactos que tiene la mano con los elementos que rodean las operaciones con los tornos. La compleja organización anatómica y funcional de la mano converge en la prensión.

Estas se clasifican en tres grupos

- **Presas de pinzas.**
- **Presas con la gravedad.**

- **Presas con acción.**

A continuación, se presentan fotos de acciones del operario en relación con los tipos de prensión.

Las **imágenes de ejemplo** fueron tomadas del video: Maquinado en torno (accesorios y herramientas), propiedad del canal: **Fabio Alejandro Merchán Rincón** (figura 21)

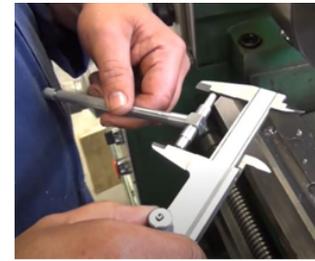


Presas tridigital del pulpejo tal cual se emplea para sujetar un objeto pequeño donde el pulgar opone su pulpejo al del dedo índice y al del dedo corazón con relación al objeto.

1. Soltar tuercas
2. Tomar herramientas pequeñas
3. Tomar piezas medianas
4. Apretar/ soltar perillas pequeñas.



Destapar botellas de aceites



Tomar piezas delgadas

La **presa por oposición subterminolateral o pulpolateral**: la presa es menos fina aunque sigue siendo sólida.

La cara palmar del pulpejo del pulgar contacta con la cara externa de la primera falange del dedo índice.



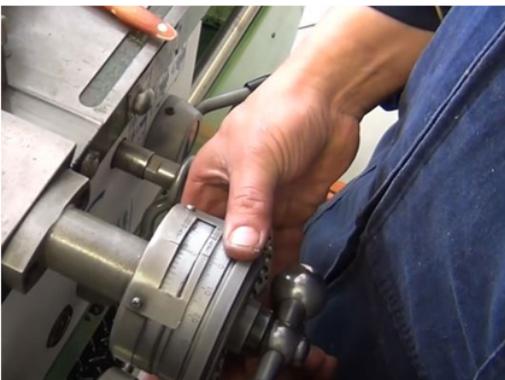
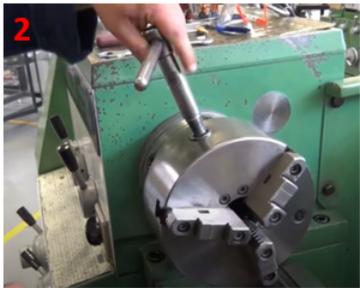
Desenroscar el tapón de un frasco es una **presa tridigital**, lateral para el pulgar y la segunda falange del dedo corazón que se oponen directamente y del pulpejo para el dedo índice que bloquea el objeto sobre el tercer lado.



Las presas tetradigitales se utilizan cuando se trata de un objeto muy grueso que debe cogerse con **mayor firmeza**. La presa puede ser entonces.

Tetradigital del pulpejo: En este caso se puede observar que el contacto se lleva a cabo por el pulpejo en el caso del pulgar, dedo índice y dedo corazón mientras que es lateral en el caso de la tercera falange del dedo anular, cuya función es evitar que el objeto se escape hacia dentro

1. Tomar piezas grandes
2. Ubicar llave en torreta



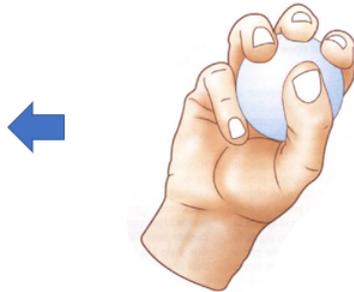
Tetradigital pulpejo-lateral: En este caso, el contacto del pulgar es amplio, abarcando el pulpejo y la cara palmar de la primera falange, así como sobre el dedo índice y el dedo corazón; es lateral y del pulpejo en la segunda falange del dedo anular que bloquea el objeto por dentro.

1. Mover diales pequeños de la maquina de forma precisa.





↓ Girar torreta de herramientas



↑ Transportar herramientas de medición

Penta digital pulpejo-lateral: los cuatro primeros dedos contactan con toda su cara palmar y envuelven el objeto casi totalmente, el pulgar se opone a los tres otros dedos y el dedo meñique evita mediante su cara externa cualquier posible desplazamiento del objeto hacia dentro y en sentido proximal.



Presa Penta digital comisural: Además, el cuenco lo sujetan el dedo corazón, el dedo anular y el dedo meñique, que no contactan más que a través de sus dos últimas falanges. Por lo tanto, se trata más bien de una presa digital y no palmar.

PRESAS PALMARES: hacen intervenir, además de los dedos, la palma de la mano. Son de dos tipos según se utilice o no el pulgar.



Usar llaves fijas



Usar llaves brístol



Apretar torreta



Palancas de cambios



Sujetar piezas largas y pesadas



La presión digitopalmar: opone la palma de la mano a los cuatro últimos dedos. Es un tipo de presa accesoria pero utilizada con frecuencia cuando se maneja una palanca o sujeta un volante. El objeto, de poco diámetro (de 3 a 4 cm) se coge entre los dedos flexionados y la palma de la mano

La presión palmar con la totalidad de la mano o la totalidad de la palma es la presión de fuerza para los objetos pesados y relativamente voluminosos.



Girar volantes grandes



Ubicar herramientas grandes



La presión digitopalmar: opone la palma de la mano a los cuatro últimos dedos. Esta presión digitopalmar también puede utilizarse para coger un objeto más voluminoso.



La presión palmar con la totalidad de la mano: La mano se enrolla literalmente en torno a objetos cilíndricos. El volumen del objeto que se coge condiciona la fuerza de la presión: es óptima cuando el pulgar puede contactar (o casi) con el dedo índice.



Mover manijas diales

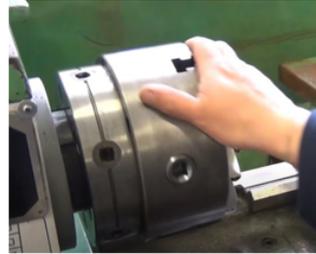


Ajustar palancas



Sujetar llave copa soltar o apretar firmemente

Presas palmar cilíndrica: para objetos de diámetro importante, la presa es tanto menos firme cuanto mayor es el diámetro. Por otra parte, el volumen del objeto exige la máxima libertad de separación de la primera comisura



Mover copa del torno



Utilizar gancho para quitar viruta

Las presas palmares esféricas: pueden implicar a tres, cuatro o cinco dedos. Cuando intervienen tres o cuatro dedos el último dedo implicado por dentro



Las presas con la gravedad

Hasta ahora se han analizado los tipos de prensión en los que no interviene la gravedad, pero existen otros en los que la acción de la gravedad es indispensable.



cuando se sujeta una bandeja, lo que supone que puede aplanarse, con la palma de la mano horizontal, mirando hacia arriba y por lo tanto, en máxima supinación y sin los dedos en forma de gancho



Sostener elementos pequeños y seriados



El hueco de la palma de la mano se prolonga por el de los dedos aducidos al máximo por la acción de los *músculos interóseos palmares* para evitar las posibles fugas. El pulgar, muy importante en esta acción, cierra la corredera palmar por fuera

La aproximación de las dos manos huecas en forma de dos semicirculos unidos por su borde cubital puede constituir una cavidad mucho más amplia. Todos estos tipos de prensión a modo de sostén necesitan que la supinación esté integra: de hecho, sin ella, la palma de la mano, única parte de la mano capaz de constituir una pared cóncava.



Levantamiento de elementos pesados: lunetas, copas, ejes.



Aflojar o apretar torreta de herramientas



Aflojar o apretar copa del torno



Acciones de impacto: estas acciones se realizan en momentos de cambios de piezas o herramientas. Se evidencia que cuando la fuerza del operario en la postura ideal no es suficiente, procede a golpear la palanca para generar mas fuerza en el torque. El impacto por lo general es con la parte inferior del puño o la palma.

MATRIZ DE FORMA / FUNCIÓN.

Universo del torno convencional: Se analizan los elementos que circundan al operario y sus

actividades. *(Elaboración propia)*

- Elementos de metrología.
- Partes del torno intercambiables.
- Herramientas de corte.
- Herramientas de apoyo manual.
- Elementos de protección para las manos.
- Piezas a trabajar.

Tabla 3 elementos de metrología, elaboración propia, (2020).

| ELEMENTOS DE METROLOGÍA. | | | | | | | | |
|---------------------------------|--|--|--|--|---|--|--|--|
| |  |  |  |  |  |  |  |  |
| NOMBRE | CALIBRADOR PIE DE REY | CALIBRADOR DE ALTURAS | CALIBRADOR MICRÓMETRO | COMPARADOR DE CARÁTULA | GRAMÍL | GONIÓMETRO | MICROMETRO DE INTERIORES | GALGAS VARIAS |
| FORMALES | | | | | | | | |
| MATERIAL | ACERO | ACERO | ACERO Y FUNDICIÓN | ACERO Y FUNDICIÓN | ACERO Y FUNDICIÓN | LATÓN | ACERO | LATÓN |
| VOLUMEN VISUAL | DELGADO Y ALARGADO | DELGADO Y ALARGADO | CILÍNDRICO | BASE CÚBICA, ALTO Y DELGADO | BASE ROBUSTA, ALTO Y DELGADO | LAMINA DELGADA | CILÍNDRICO | PEQUEÑO Y RECTANGULAR |
| COLOR PRINCIPAL | ACERO MATE | ACERO MATE | VERDE OPACO | NEGRO METÁLICO | ACERO MATE | LATÓN | ACERO MATE | ACERO MATE |
| COLOR SECUNDARIO | ACERO PULIDO | ACERO PULIDO | ACERO PULIDO | ACERO PULIDO | ACERO BRILLANTE | LATÓN MATE | ACERO PULIDO | ACERO MATE |
| FORMA BASE DOMINANTE | RECTANGULOS ALARGADOS | RECTANGULOS ALARGADOS | CIRCULOS Y ARCOS | CUBO Y CILINDROS | CUBOS Y LAMINAS RECTANGULARES | LAMINAS RECTANGULARES Y SEMICIRCULOS | CILINDROS | RECTANGULO LADOS REDONDEADOS |
| TEXTURA | LIZA | LIZA | LIZA | LIZA | LIZA | LIZA | LIZO | LIZO |
| FUNCIONALES | | | | | | | | |
| ATRIBUTO PRINCIPAL | MEDIR | MEDIR | MEDIR | PALPAR | MEDIR | MEDIR | MEDIR | COMPARAR RADIOS |
| ATRIBUTO SECUNDARIO | DESLIZAR | DESLIZAR | GIRAR | FIJAR BASE | RAYAR, MARCAR | GRADUAR | GIRAR | DESPLIEGARSE EN ABANICO |
| ATRIBUTO TERCARIO | APRICIONAR | APOYARSE | APRICIONAR | EJES DE MOVIMIENTO | DESLIZAR | DESPLAZAR | APRICIONAR | GUARDADO EN PLANO SERIADO |

PARTES DEL TORNO INTERCAMBIABLES.



| NOMBRE | CONTRA PUNTO | MANDRIL CÓNICO | LUNETTA MOVIL | LUNETTA FIJA | COPA MORDAZAS INDEPENDIENTES | COPA MORDAZAS AUTOCENTRANTES | CONO MORSE PARA BROCAS | CENTRO PUNTO |
|----------------------|--------------------|-----------------|---------------------|---------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------|-------------------|
| FORMALES | | | | | | | | |
| MATERIAL | FUNDICION | ACERO TEMPLADO | ACERO FUNDICIÓN | ACERO FUNDICIÓN | ACERO | ACERO | ACERO | ACERO |
| VOLUMEN VISUAL | ROBUSTO | PESADO PEQUEÑO | DELGADO PERO PESADO | ROBUSTO | ROBUSTO PESADO | ROBUSTO PESADO | HUECO LIVIANO | ROBUSTO PESADO |
| COLOR PRINCIPAL | VERDE OPACO | ACERO BRILLANTE | VERDE OPACO | VERDE OPACO | ACERO BRILLANTE | ACERO BRILLANTE | ACERO BRILLANTE | ACERO BRILLANTE |
| COLOR SECUNDARIO | ACERO BRILLANTE | ACERO MATE | DORADO | DORADO | ACERO MATE | ACERO MATE | ACERO MATE | ACERO MATE |
| FORMA BASE DOMINANTE | PRISMA RECTANGULAR | CILINDROS | PRISMA RECTANGULAR | PRISMA RECTANGULAR, ARCOS | CILINDRO, PRISMA RECTANGULAR | CILINDRO, PRISMA RECTANGULAR | CONO, VACIO | CILINDROS Y CONOS |
| TEXTURA | PINTURA EN ESCAMAS | LIZA | PINTURA EN ESCAMAS | PINTURA EN ESCAMAS | LIZA | LIZA | LIZA | LIZA Y GRAFILADO |
| FUNCIONALES | | | | | | | | |
| ATRIBUTO PRINCIPAL | APRICIONAR | APRETAR | ESTABILIZAR | CENTRAR | APRICIONAR | APRICIONAR | ENCAJAR | APRICIONAR |
| ATRIBUTO SECUNDARIO | SOSTENER | GIRAR | ESTATICO | ESTABILIZAR | GIRAR | GIRAR | RETENER | SOSTENER |
| ATRIBUTO TERCIARIO | GIRAR | ENCAJAR | APOYO | FIJARSE | DESMONTAR | DESMONTAR | GIRAR | ENCAJAR |

HERRAMIENTAS DE CORTE TORNO



| NOMBRE | BURIL PASTILLAS TUNGSTENO | BURIL ACERO RÁPIDO | BURIL INSERTOS | BARRA DE INSERTOS PARA ALESAR | GRAFILADOR | BROCA DE CENTROS | BROCA ACERO RÁPIDO |
|----------------------|---------------------------|--------------------|-----------------------------|-------------------------------|--------------------|-------------------|--------------------|
| FORMALES | | | | | | | |
| MATERIAL | TUNGSTENO | ACERO RÁPIDO | ACERO | ACERO | ACERO | ACERO RAPIDO | ACERO RAPIDO |
| VOLUMEN VISUAL | LIVIANO, PEQUEÑO | LIVIANO, PEQUEÑO | PESADO, PEQUEÑO | PESADO LARGO | LIVIANO | LIVIANO | LIVIANA, ALARGADA |
| COLOR PRINCIPAL | VARIOS | ACERO BRILLANTE | NEGRO | NEGRO | NEGRO | PLATEADO | PLATEADO |
| COLOR SECUNDARIO | ACERO | ACERO BRILLANTE | PLATEADO | PLATEADO | PLATEADO | ACERO MATE | ACERO MATE |
| FORMA BASE DOMINANTE | PRISMA RECTANGULAR | PRISMA RECTANGULAR | PRISMA RECTANGULAR, RANURAS | CILINDRO LARGO, RANURAS | PRISMA RECTANGULAR | CILINDRO, ESPIRAL | CILINDRO, ESPIRAL |
| TEXTURA | PINTURA LIZA | LIZA | LIZA | LIZA | LIZA | LIZA | LIZA |
| FUNCIONALES | | | | | | | |
| ATRIBUTO PRINCIPAL | DESBASTAR | DESBASTAR | DESBASTAR | DESBASTAR | GENERAR TEXTURAS | PERFORAR | PERFORAR |
| ATRIBUTO SECUNDARIO | RESISTIR | RESISTIR | INTERCAMBIAR INSERTOS | INTERCAMBIAR INSERTOS | GIRAR | DESBASTAR | DESBASTAR |
| ATRIBUTO TERCIARIO | FIJARSE | FIJARSE | FIJARSE | FIJARSE | FIJARSE | SER APRICIONADO | SER APRICIONADO |

HERRAMIENTAS DE APOYO



| NOMBRE | LLAVE COPA | LLAVE TORRETA | LLAVES BRISTOL | LLAVES FIJAS | GANCHO VIRUTA | MARTILLO BRONCE | | |
|----------------------|-------------------|----------------------------|-----------------|-----------------------------|------------------|-----------------|--|--|
| FORMALES | | | | | | | | |
| MATERIAL | ACERO | ACERO | ACERO | ACERO FUNDICION | LATON | BRONCE | | |
| VOLUMEN VISUAL | PEQUEÑO ALARGADO | PEQUEÑO | PEQUEÑO | ALARGADO LIVIANO | ALARGADO LIVIANO | LIVIANO | | |
| COLOR PRINCIPAL | NEGRO, ACERO | ACERO BRILLANTE | NEGRO MATE | ACERO BRILLANTE | ACERO MATE | BRONCE | | |
| COLOR SECUNDARIO | ACERO MATE | ACERO MATE | ACERO MATE | ACERO BRILLANTE | NEGRO | BRONCE MATE | | |
| FORMA BASE DOMINANTE | CILINDROS Y CUBOS | CILINDROS, RANURAS CÚBICAS | HEXÁGONO EN L | PRISMA RECTANGULAR ALARGADO | CILÍNDRO CÓNICO | CILINDRO | | |
| TEXTURA | LIZA | LIZA | LIZA | LIZA | LIZA | LIZA | | |
| FUNCIONALES | | | | | | | | |
| ATRIBUTO PRINCIPAL | GENERAR PALANCA | GENERAR PALANCA | PALANCA | PALANCA | JALAR | GOLPEAR | | |
| ATRIBUTO SECUNDARIO | APRETAR, SOLTAR | APRETAR, SOLTAR | APRETAR, SOLTAR | APRETAR, SOLTAR | SOSTENER | ESPICHAR | | |
| ATRIBUTO TERCIARIO | ENCAJAR | ENCAJAR | ENCAJAR | ENCAJAR | PICAR | | | |

PROTECCION MANOS TORNERO



| NOMBRE | GUANTES HYCRON | GUANTES DE NITRILO | GUANTES DE CARNAZA | | | | | |
|----------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------|--|--|--|--|--|
| FORMALES | | | | | | | | |
| MATERIAL | FIBRAS TEXTILES, RECUBRIMIENTO | LATEX | CUERO CARNAZA | | | | | |
| VOLUMEN VISUAL | LIVIANOS, VACIOS | LIVIANO | LIVIANOS VACIO | | | | | |
| COLOR PRINCIPAL | VERDE OSCURO | AZUL | BLANCOS | | | | | |
| COLOR SECUNDARIO | BLANCO | AZUL | BLANCO | | | | | |
| FORMA BASE DOMINANTE | MANO | MANO | MANO | | | | | |
| TEXTURA | LIZA | CAUCHO | TELA | | | | | |
| FUNCIONALES | | | | | | | | |
| ATRIBUTO PRINCIPAL | PROTEGER | AISLAR | AISLAR | | | | | |
| ATRIBUTO SECUNDARIO | SOSTENER | PROTEGER | PROTEGER | | | | | |
| ATRIBUTO TERCIARIO | RECUBRIR | RECUBRIR | TÉRMICOS | | | | | |

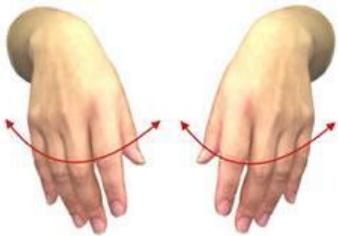
Las matrices anteriores describen los diferentes elementos que integran las actividades del operario del torno convencional. Esto evidencia las diferentes características y atributos de cada uno. Ayuda a identificar posibles patrones formales y funcionales que caracterizan a las herramientas de trabajo, para al momento de idear una respuesta desde el diseño se rompan los estándares y generalidades identificados, aportando en la forma y función del dispositivo de prevención a desarrollar.

Ejercicios Preventivos para tendinitis, tenosinovitis, túnel carpiano.

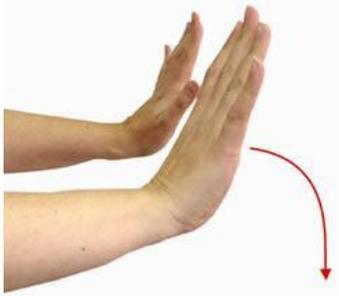
Ejercicios para evitar la Tendinitis de la muñeca.

- Las siguientes imágenes muestran los ejercicios para evitar la tendinitis de la muñeca.

(imágenes tomadas de: A Huter Becker, 2003 técnicas de fisioterapias volumen 4, editorial Paidotribo) figura 22



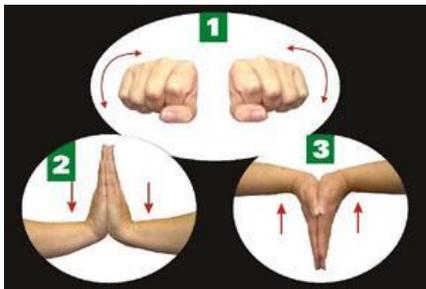
1. Relaje las manos de modo que las muñecas queden sueltas. Agite, suavemente, sus manos de un lado a otro. Repita de 10 a 20 veces.



2. Con los brazos extendidos hacia el frente y los dedos apuntando al cielo, mueva sólo las manos hacia arriba y abajo, unas 10 a 20 veces.



3. Manteniendo los brazos estirados, empuñe las manos relajadamente y rote las muñecas en forma semicircular hacia afuera., unas 5 a 10 veces. Repita este movimiento hacia adentro.



4. Junte las palmas y péguelas al pecho, con los dedos apuntando hacia arriba, y ejerza una leve presión hacia abajo sin provocar dolor. Repita el movimiento de 5 a 10 veces.

Ejercicios para evitar la Tenosinovitis.

- Las siguientes imágenes muestran los ejercicios para evitar la tenosinovitis. (*Fragmentos tomados de clínicas H3 terapias, 5 ejercicios muy efectivos para la tenosinovitis*) figura 23.





2. Oposición del pulgar abierta



3. Separación del pulgar



4. Apertura de mano



5. Inclinación radial y cubital

Ejercicios Para El Síndrome Del Túnel Carpiano

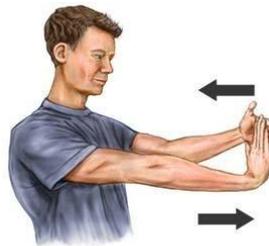
- Las siguientes imágenes muestran los ejercicios que se realizan para evitar el túnel

carpiano. (las imágenes son tomadas de: Kapandji Fisiología Articular Tomo 1) figura

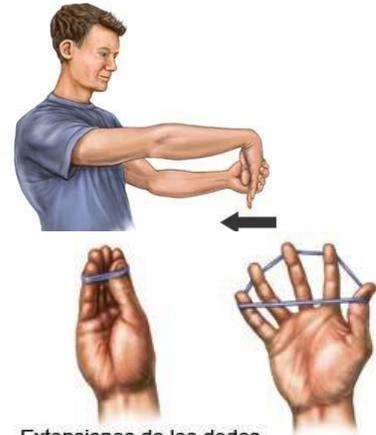
24.



Rotación de la muñeca sin usar pesas

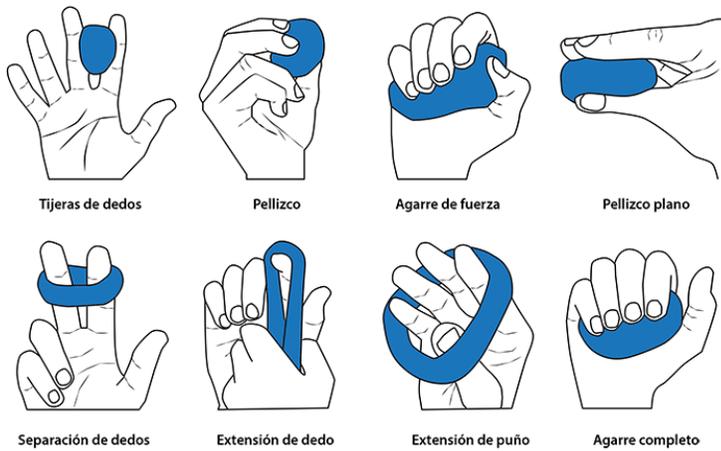


Estiramiento del flexor de la muñeca



Extensiones de los dedos

Referentes de elementos terapéuticos para las manos:



Tijeras de dedos

Pellizco

Agarre de fuerza

Pellizco plano

Separación de dedos

Extensión de dedo

Extensión de puño

Agarre completo

Plastilina terapéutica

(imagen tomada de www.saludmasdeporte.com) figura 25



Pelota terapéutica

(imagen tomada de www.saludmasdeporte.com) figura 26



(imágenes tomadas de mercadolibre.com)



(imágenes tomadas de mercadolibre.com) figura 27

Los anteriores referentes nos muestran que hay diferentes elementos que cumplen con una sola interacción específica, lo cual limita su uso a una sola actividad.

3.2. Capítulo del desarrollo coherente al Objetivo 2

Diseñar el dispositivo a partir de las relaciones entre lo formal, funcional, ergonómico, biomimesis, axiomas de diseño como concentración, seguridad, desestresar y los materiales que corresponden al desarrollo de los ejercicios de calentamiento, estiramiento y relajación.

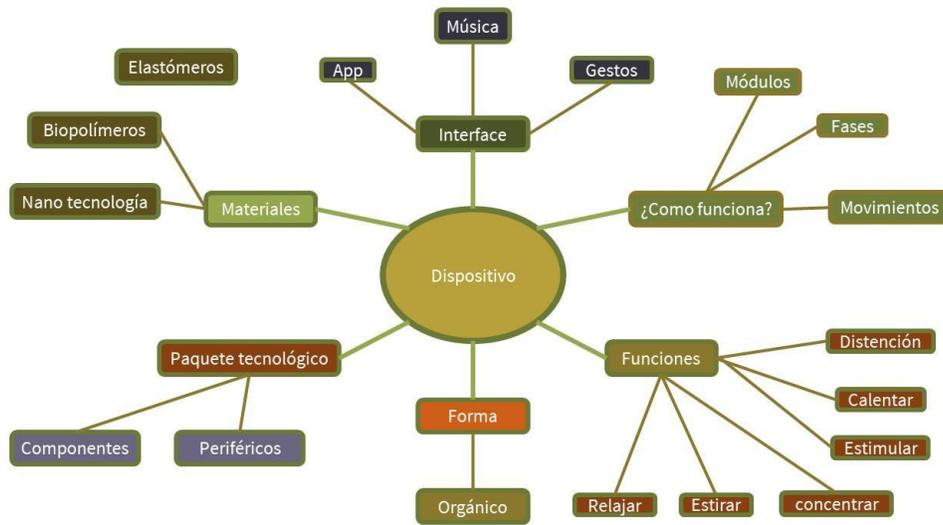


Figura 25 (mapa del dispositivo, elaboración propia) figura 28

En el mapa del dispositivo se puede evidenciar las categorías que son principales para el dispositivo. Las cuales son: forma, funciones, interfase, materiales, paquete tecnológico y ¿cómo funciona? Con esto se busca definir el universo del dispositivo denominado **Tana**.

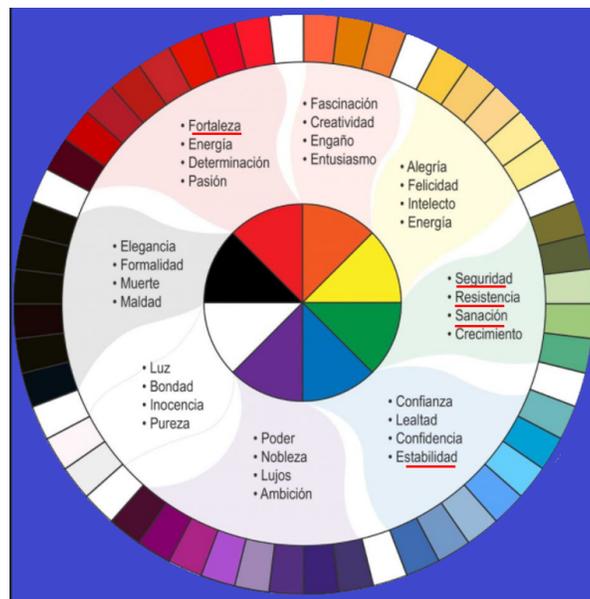
Psicología del color:

Se seleccionan los colores que corresponden a los conceptos identificados en las encuestas y análisis del usuario.

| ROJO | AZUL | VERDE | AMARILLO | NARANJA | VIOLETA | ROSA | MARRÓN | GRIS | NEGRO |
|-----------|-------------|-------------|-------------|--------------|------------|------------|-------------|-----------|-------------|
| DINAMISMO | PROFESIONAL | NATURALEZA | CALIDEZ | INNOVACIÓN | LUJO | DIVERSIÓN | MASCULINO | AUTORIDAD | PODER |
| CALIDEZ | SERIEDAD | ÉTICA | AMABILIDAD | MODERNIDAD | REALEZA | PRESUMIDO | RURAL | OPACIDAD | SOFISTICADO |
| AGRESIVO | INTEGRIDAD | CRECIMIENTO | POSITIVIDAD | JUVENTUD | SABIDURÍA | INOCENCIA | NATURAL | SENCILLEZ | PRESTIGIO |
| PASIÓN | SINCERIDAD | FRESCURA | ESTIMULANTE | DIVERSIÓN | DIGNIDAD | FEMENINO | TIERRA | RESPEO | VALOR |
| ENERGÍA | CALMA | SERENIDAD | ALEGRÍA | ACCESIBILID. | MISTERIO | DELICADEZA | SIMPLICIDAD | NEUTRAL | ATEMPORAL |
| PELIGRO | INFINITO | ORGÁNICO | LUMINOSO | VITALIDAD | ESPIRITUAL | ROMÁNTICO | RÚSTICO | HUMILDAD | MUERTE |

Figura 26 (imagen tomada de: lo que las marcas transmiten) figura 29

Se resaltan el color rojo, azul, verde, amarillo, naranja y el concepto que acompaña al color.



(imagen tomada de lo que las marcas transmiten) figura 30

Materiales:

Los materiales que se identificaron como adecuados para el proyecto son los siguientes:

- **Elastómeros de origen biológico:** Se producen a partir de resinas termoplásticas de biomasa renovable. Se incluyen materiales como los **Bio TPU** y los **Bio TPE**.
-Algunas de sus propiedades son: estructura es de 80% de origen biológico lo cual les da la característica de ser biodegradables. También tienen un alto nivel de flexibilidad, con resistencia a la abrasión y algunos de ellos se consideran adecuados para el contacto con los alimentos.
-En sus aplicaciones se pueden ver en el transporte, los deportes el ocio y los bienes de

consumo.

Para el dispositivo propuesto en este proyecto, este material se aplica en las estructuras físicas de los elementos que tienen un contacto directo con el usuario, ya que sus atributos de flexibilidad, resistencia y memoria, son ideales para ser parte del dispositivo.

- **Fibra artificial:** Se denomina artificial por su procedencia a partir de materia prima natural como la celulosa o proteína de origen animal o vegetal. En este caso se analiza el tejido sostenible denominado **LYOCELL**, utilizado principalmente en prendas de confección ya que se caracteriza por ser una tela liza y suave al tacto, elástica, con capacidad de transpiración y esto le permite ser ideal para el control bacteriano.
- **Poliuretano:** Para el elemento complementario del dispositivo que se va a incluir en relación al calentamiento de las manos, se determina que el **poliuretano flexible** corresponde a las características mecánicas y de memoria, ya que se pretende que en su uso el elemento sea comprimido con fuerza por la mano y recupere su forma.
- **Cordón de látex:** Se fabrica con látex natural a partir de un método de inmersión lo cual genera el cordón después de varios ciclos. Tiene una alta resistencia a la abrasión, tracción y flexibilidad, también una buena capacidad de recuperación estructural.
- **Hilo de algodón:** Resistente, duradero, con gran variedad de colores, es resistente al calor y su acabado superficial es mate.
- **Goma elástica plana:** Se fabrica a partir de poliéster y látex, bajo un proceso automatizado de tejido. Sus características principales son la elasticidad, elongación, durabilidad, flexibilidad, factor de recuperación y se puede encontrar en más de 30 colores diferentes.
- **Velcro:** Es un elemento utilizado con frecuencia en diferentes artículos de uso popular, como calzado, ropa, elementos deportivos y juguetes. Sus características mecánicas y de estructura, aplican para el desarrollo de uno de los componentes de sujeción del dispositivo.

Biomimesis: camaleón pantera

Aplicando la biomimesis como un eje práctico y funcional para el proyecto, se toma como animal referente al **camaleón Pantera**, que cuenta con varias habilidades que lo hacen destacar en la naturaleza. Es por esto y por la relación que se halla en su estructura y comportamiento que se aplica en el proyecto.



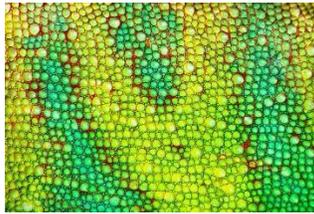
Figura 31 (imagen tomada de <https://www.tiposdecamaleones.site/camaleon-pantera/>)

El camaleon pantera habita en la isla de Madagascar y en su idioma nacional malgache se le denomina "**Tana**" que hace referencia a sus habilidades de adaptación y cambios físicos para sobrevivir.

Las principales características del camaleon son el cambio de pigmentación en la piel para evidenciar su estado de ánimo. También la capacidad que tienen para cazar con la extensión de la lengua. La vista independiente en cada ojo que le da un rango de visión de casi 360° y por último la capacidad que tienen para desplazarse al utilizar sus fuertes patas, con la que puede generar un agarre muy fuerte. La estructura de sus patas se configura en dedos opuestos de forma **zigodactilia** lo que quiere decir que cuenta con dos garras en su interior y tres en el exterior.

Analogías conceptuales bionimias del camaleón.

A continuación, se hace una relación entre las partes claves del camaleón con las posibles aplicaciones en el dispositivo y sus componentes:



Piel: (imagen tomada del mundo del camaleón) Figura 32

- Posee una textura que se puede aplicar en el dispositivo para mejorar el agarre y para estimulación de las manos.
- Capacidad de cambio de color, puede ser un elemento de comunicación en el dispositivo. También para dar indicaciones funcionales.

Ojos: (imagen tomada del mundo del camaleón) Figura 33

-La amplia visión se relaciona con la concentración en las actividades que propone el dispositivo, así que podemos aplicar este concepto en un elemento que mantenga el enfoque y que indique de forma visual los pasos a seguir en los ejercicios.



Patas: (imagen tomada del mundo del camaleón) Figura 34

- Se relacionan con elementos de manipulación del dispositivo con acciones como desplegar, abrir, poner quitar, asegurar y ajustar, en pocas palabras la interacción directa.
- Se identifica como sistema de agarre para el desarrollo práctico del dispositivo en las manos.

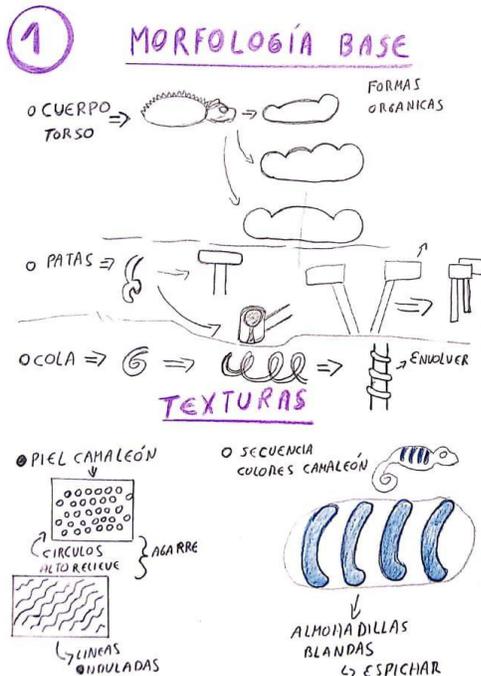
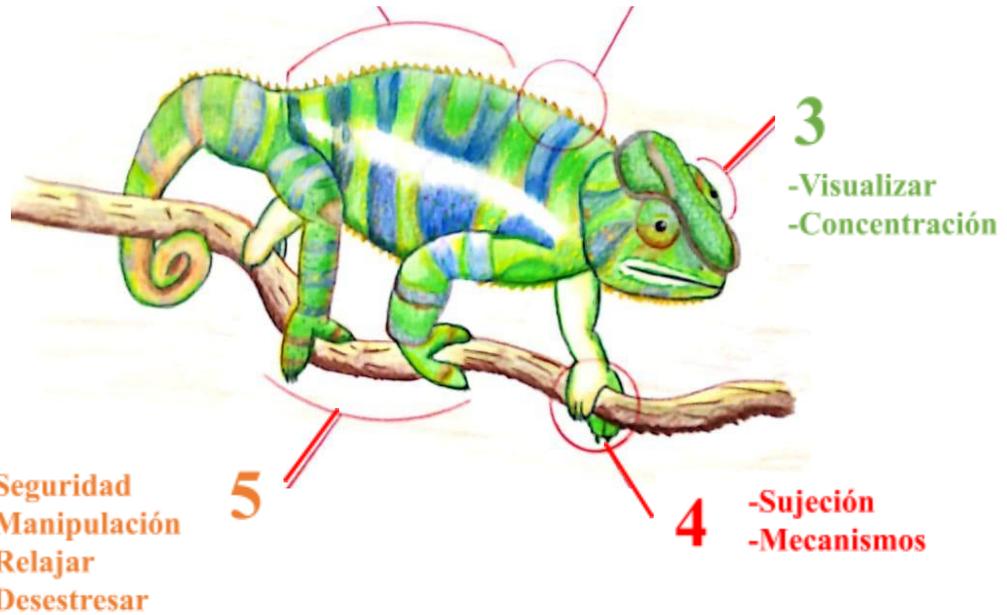
Exploración de las analogías: se realiza una exploración de formas y aplicaciones

funcionales a partir del análisis anterior. (imágenes de bitácora de trabajo, elaboración propia)

Figura 35

1 -Morfologías
-Texturas

2 -Comunicación
-Transformación
-Resistencia



-En la morfología base se propone para el dispositivo formas orgánicas y se realiza una geometrización del cuerpo.

-Se proponen diferentes formas de sujeción a partir de la adaptación morfológica de las patas (**agarre, seguridad**) y la cola del camaleón (**envolver, elasticidad**), tal como se muestra en la imagen.

-En lo relacionado a las texturas se propone la piel del camaleón a modo de **superficies con altos relieves** en una configuración de repetición o secuencia que comunique y tenga una **función indicativa de agarre**.

-En el aspecto de la comunicación, se definen la gama cromática que va a ser parte del dispositivo, esto como elementos de comunicación e indicadores funcionales.

-Se definen los atributos que nos permiten los materiales en el dispositivo como la transformación y resistencia, que corresponden a las acciones de estirar, espichar, oprimir. Con esto en mente se pueden proponer diferentes interacciones que el usuario puede realizar con el dispositivo.

2

COMUNICACIÓN

COLORES INDICATIVOS

- SEGURIDAD
 - RESISTENCIA
 - CRECIMIENTO
- FORTALEZA
 - PREVENCIÓN
 - DINAMISMO
 - ATENCIÓN
- CALMA
 - ESTABILIDAD
- ESTIMULANTE
 - ENERGIA
- VITALIDAD
 - ENTUSIASMO

TRANSFORMACIÓN y RESISTENCIA

APLICADO A MATERIALS ⇒ ESTIRAR
 ⇒ ESPICHAR
 ⇒ OPRIMIR

APLICADO A LA ACTIVIDAD ⇒ - DIFERENTES POSTURAS
 ⇒ - CALENTAMIENTO

3 VISUALIZAR CONCENTRACIÓN



-Los conceptos de visualizar y concentración están relacionados a la capacidad que va a generar el dispositivo para que el operario pueda enfocarse y realizar de manera eficaz cada ejercicio propuesto.

-Se propone un elemento complementario que fortalezca este factor de concentración.

-Aquí se proponen los diferentes mecanismos que se adaptan para la transformación de la estructura del dispositivo, ya sea para el uso, desuso, postura, adecuación o lo que requiera la actividad.

4 MECANISMOS ALTERNATIVAS

ENCAJES

ARTICULACIONES

ENSAMBLES

BISAGRAS

SISTEMAS TELESCOPICOS

Paquete tecnológico:

Los principales elementos tecnológicos que integran el dispositivo **Tana**, le permiten la conexión inalámbrica por medio de las frecuencias de corto alcance, también son la base fundamental para la interacción del usuario. Los elementos son: giroscopio, acelerómetro, conexión bluetooth 5.0, micro CPU, luces leds, batería recargable ion de litio y demás microcomponentes que complementan el funcionamiento. *(imagen tomada de aliexpress) figura*

36



Por otro lado, se propone la interconexión con el celular para tomarlo como un **periférico complementario** del dispositivo por medio de una **app**, esto con el fin de utilizarlo para mostrar la información que esta relacionada a los ejercicios propuestos anteriormente y de esta forma convertirlo en el **punto focal** para la visualización y concentración del usuario. Adicionalmente se almacena la información obtenida por el dispositivo y se envía a la base de datos de la aplicación, de esta forma el usuario va a tener la capacidad de verificar sus datos del uso,

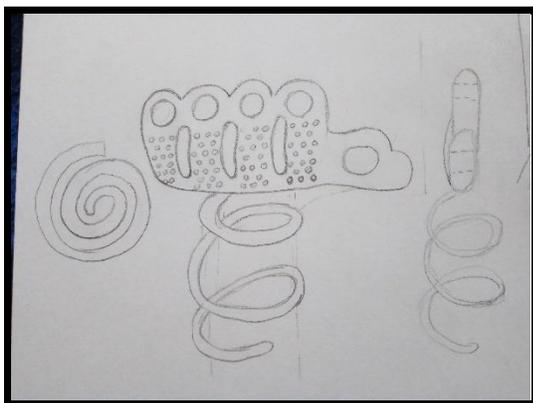
avances con los ejercicios y recomendaciones adicionales relacionadas a la salud.

Por último, se toma como referente de interacción a las maquinas arcade recreativas, ya que poseen elementos que requieren un enfoque visual, concentración, una secuencia de acciones dinámicas que generan un movimiento por parte del usuario y de igual forma se recibe un **feedback** que estimula al usuario en la actividad. Algunos de estos referentes son: juegos rítmicos, Dance Dance Revolution, Guitar Hero, Step Mania, Just Dance. *(imágenes tomadas de amazon.com) Figura 37*

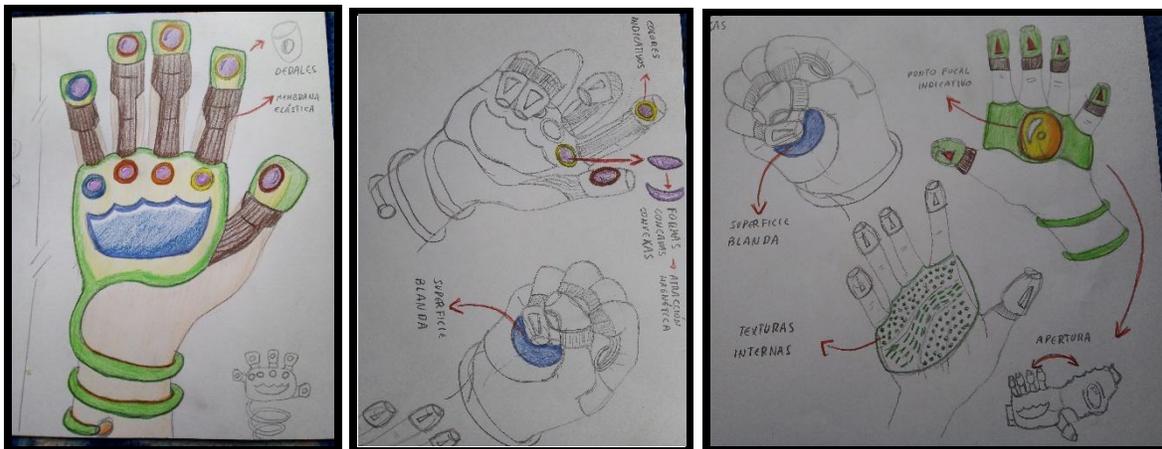


Exploración inicial del dispositivo:

A continuación, se presentan las alternativas iniciales y las diferentes decisiones que se tomaron en el camino para definir el dispositivo **Tana**. Se realizó una exploración bidimensional (bocetos) y tridimensional (modelado) la cual mostro resultados que daban cuenta de modificaciones necesarias. *(imágenes de elaboración propia) Figura 38.*



Se hace una primera propuesta teniendo en cuenta los análisis realizados. Se plasman formas orgánicas que se adapten y estimulen la mano al contacto.



Luego se modificaron los factores de forma, para que el dispositivo se adaptara a la mano, también se proponen elementos de sujeción y seguridad. Elementos indicativos por colores y formas que estimulan la interacción.

Posteriormente se realizó una exploración tridimensional, en la cual se busca ajustar las dimensiones y factores asociados a la postura de la mano y formas de asegurarlo con los sistemas analizados teniendo en cuenta el análisis del camaleón pantera.



-Forma que se adapta a las dimensiones de mano y se sustenta con un sistema de presión.
-Se comprueba que requiere más elementos para su estabilidad en la mano.



-Se le implementan elementos adicionales de sujeción, y una forma esférica que se considera como elemento indicativo.



-Variación de forma, se prueba simplificando algunos elementos.



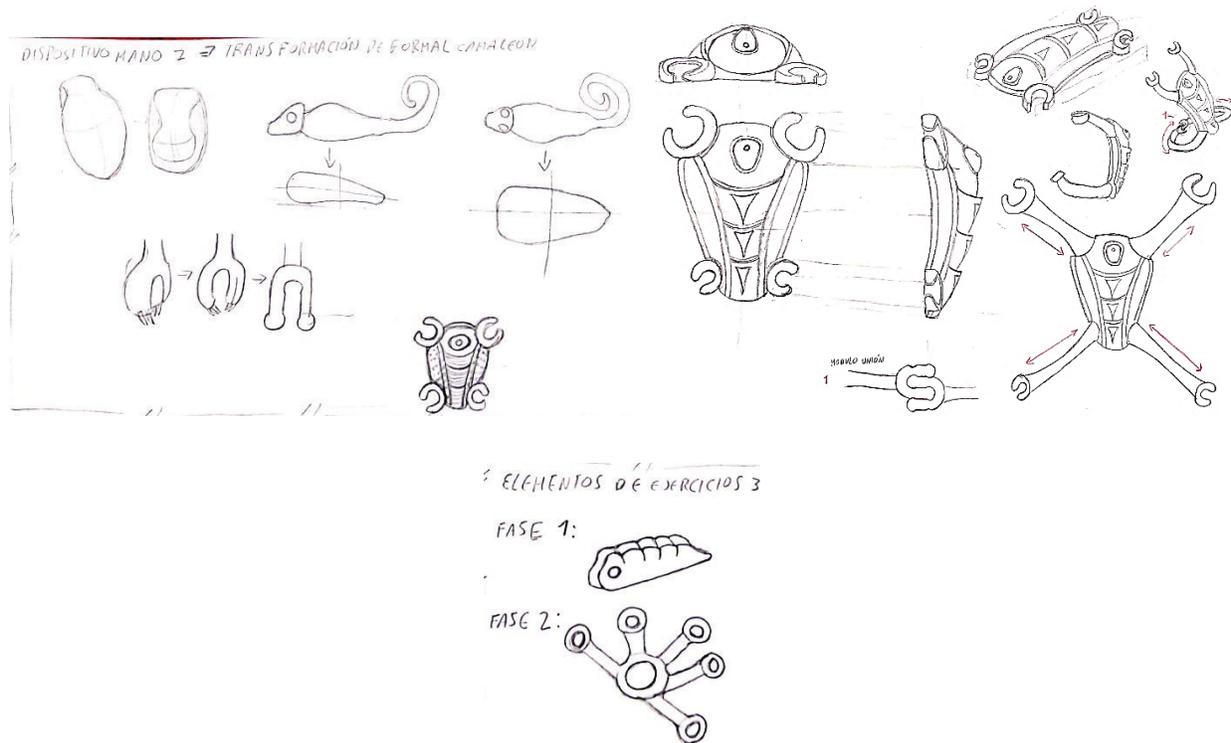
-Se prueba un nuevo sistema de sujeción para el dispositivo, se hace una interpretación formal de la pata del camaleón pantera y se plantea como elemento de agarre.



-Se procede a la implementación de elementos visuales indicativos, como texturas, formas orgánicas y ajuste de las dimensiones para la comodidad de la mano.

Luego de esta exploración tridimensional, se logra entender y definir los diferentes componentes

que se debe incluir. Se define una estructura basada en la configuración morfológica del camaleón pantera y se hace una relación de formas con funciones del dispositivo.



-Se proponen formas para los elementos complementarios **suaves y elásticos** que se van a utilizar en las fases de calentamiento y relajación. También se define la forma base del dispositivo, la cual tiene una configuración orgánica, con elementos que hacen una referencia física del camaleón.

Secuencia de actividades

La definición del dispositivo nos permite hacer una aproximación de su uso en el espacio y funciones que se proponen. *(elaboración propia) Figura 39*

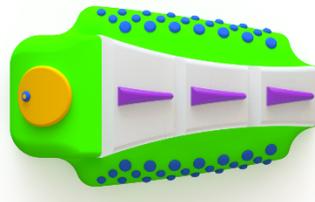
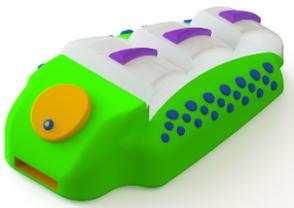
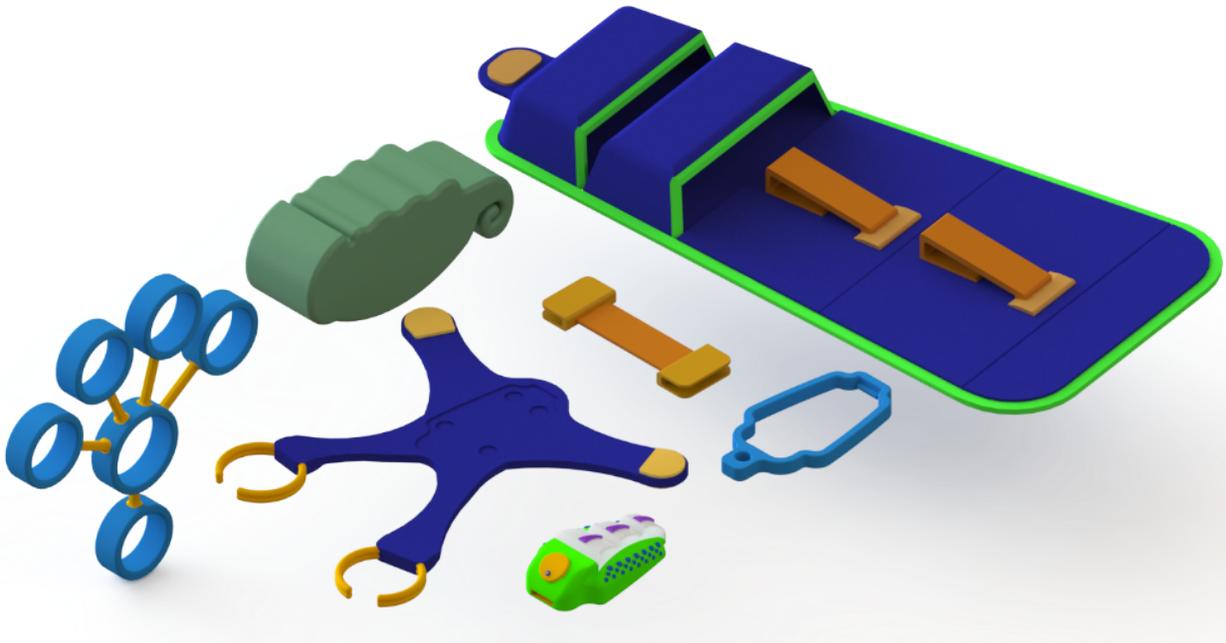


En la imagen se puede ver la secuencia de actividades, las cuales se van a explicar a continuación:

1. El operario se encuentra en su estación de trabajo, desempeñando las operaciones mecánicas en el torno convencional.
2. Llega la hora de las pausas activas.
3. El operario se pone el dispositivo en la mano correspondiente.
4. Luego se vincula con el celular a la App para tener acceso a las actividades de las 3 fases de calentamiento, estiramiento y relajación.
5. El operario se dispone a concentrarse y enfocarse en el celular. El dispositivo por medio de indicaciones lumínicas y vibraciones indica en qué fase se encuentra.
6. **Primera fase, duración de 4 minutos:** calentamiento, el celular muestra una secuencia de posturas y ejercicios para las manos con y sin el elemento complementario, mientras que el dispositivo transmite la información de la posición y movimientos de las manos, con el fin de indicar con el celular la buena o mala ejecución de las actividades.
7. **Segunda fase, duración 4 minutos:** estiramiento, se presentan ejercicios y posturas que incluyen el segundo elemento complementario de carácter elástico.
8. **Tercera fase, duración 4 minutos:** relajación, por medio de una melodía aleatoria con un tono suave, el operario se relaja y retoma sus energías para continuar con las actividades laborales.

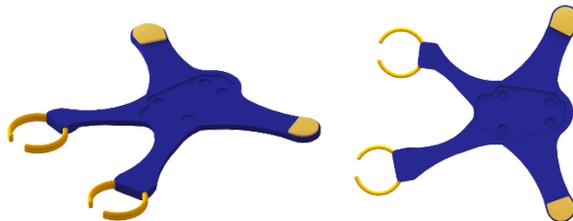
MODELADO 3D DEL DISPOSITIVO FINAL

Se realiza un modelado en un programa CAD y se definen las proporciones, geometrías y relaciones estructurales del dispositivo **Tana** para su uso. Se aplican los análisis anteriores de la morfología del camaleón pantera, teoría del color, texturas y elementos funcionales. *Figura 40*



-Tana modulo central: es el principal elemento del proyecto, contiene el paquete tecnológico y permite la interacción entre el usuario y la plataforma virtual.

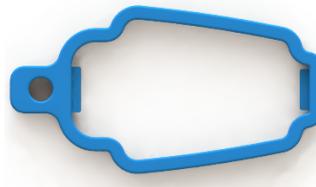
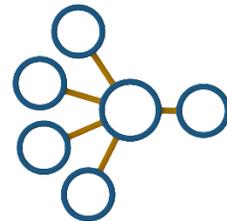
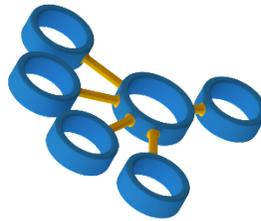
-Membrana base: elemento que se ubica en la mano del usuario y sostiene el dispositivo Tana. ligero en peso, elástico y resistente al desgaste.





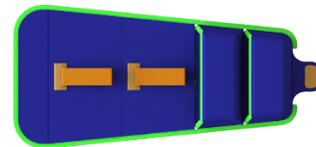
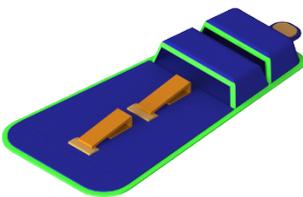
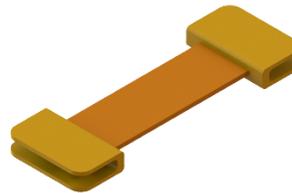
-Elemento terapéutico comprimible: Su forma se basa en la geometrización del camaleón, de características suaves y cumple la función de ser comprimido por la mano para los ejercicios de calentamiento.

-Anillos elásticos: Anillos que se adaptan a las falanges de los dedos, para los ejercicios de apertura de la mano en el espacio de estiramiento muscular.



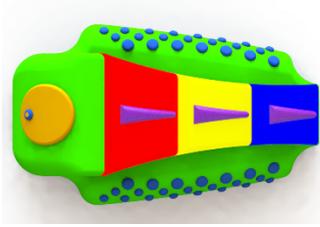
-Porta dispositivo Tana: Elemento que permite transportar a Tana a modo de llavero. Tiene la finalidad de permitir al operario estar cerca a Tana para volverlo parte de su entorno de trabajo.

-Banda elástica de seguridad: Elemento que permite el ajuste en la muñeca de la mano, tiene una estructura inspirada en las patas del camaleón y la capacidad que tienen de sujetarse fuertemente.

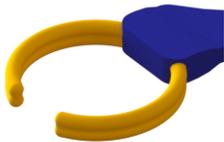


-Estuche de almacenaje: Su estructura se basa en la cola del camaleón y la forma en la que se enrolla en las ramas de los árboles. Tiene un espacio definido para cada uno de los elementos, dos bolsillos y dos sistemas elásticos de seguridad.

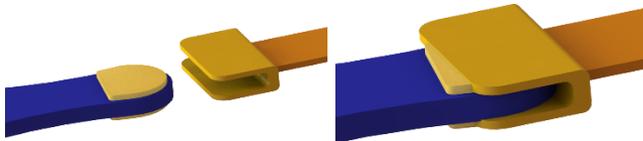
Elementos funcionales:



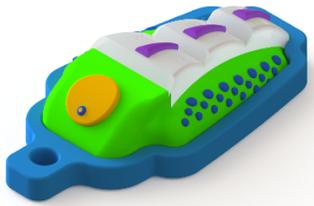
-Indicación por colores: Cada espacio de la parte posterior de Tana indica en qué fase del ejercicio se encuentra el usuario (rojo) calentamiento, (amarillo) estiramiento, (azul) relajación. Por último, el módulo circular naranja indica la conexión con el celular.



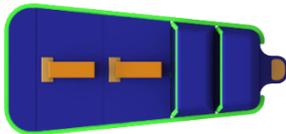
-Sistema de aros abiertos: Este sistema está basado en la adaptación morfológica de las patas del camaleón y son las que permiten la estabilidad al momento de realizar movimientos con las manos.



-Sistema seguridad muñeca: De igual forma se aplica el principio funcional del camaleón al momento de sujetarse con fuerza.



-Portabilidad: A decisión del usuario, puede portar el dispositivo Tana y llevarlo consigo en todo momento si lo desea, aprovechando el podómetro y demás elementos analíticos relacionados a la salud.



-Magnetismo: La implementación de un sistema magnético, permite que se puedan mantener unidos por la atracción de los campos. Esto es muy práctico para **ubicar en diferentes espacios**. Los elementos que tienen este sistema son: Tana, la membrana base y el estuche portador.

3.3. Capítulo del desarrollo coherente al Objetivo 3

- Demostrar la relación del dispositivo con el usuario y su uso en las pausas activas en su entorno laboral.

Modelos de comprobación.

Después de pulir los detalles del modelo y hacer las verificaciones con los programas CAD, se procede a realizar un modelo de todos los elementos de **Tana**, a continuación, se presentan imágenes de los modelos. *Figura 41*



-Se hace una prueba con dos de los operarios de una empresa donde fabrican moldes para inyección para suelas de zapatos. Se verifico la secuencia de uso, posturas de la mano con el dispositivo y los ejercicios en las tres fases planteadas. *Figura 42*





Los operarios expresaron que el uso de **Tana** fue interesante, por que es un elemento de fácil acceso, tiene una comprensión sencilla, es cómodo, los pasos de cada fase se desarrollan

adecuadamente y les llama la atención para realizar las pausas activas de forma mas consiente y reconocen la importancia del autocuidado al momento de operar maquinas metalmeccánicas con procesos repetitivos. También mencionaron que el dispositivo le aporta una energía y un nuevo aire al espacio de trabajo, gracias el contraste cromático que configuran a **Tana**.

Costos y procesos productivos. Tabla 4

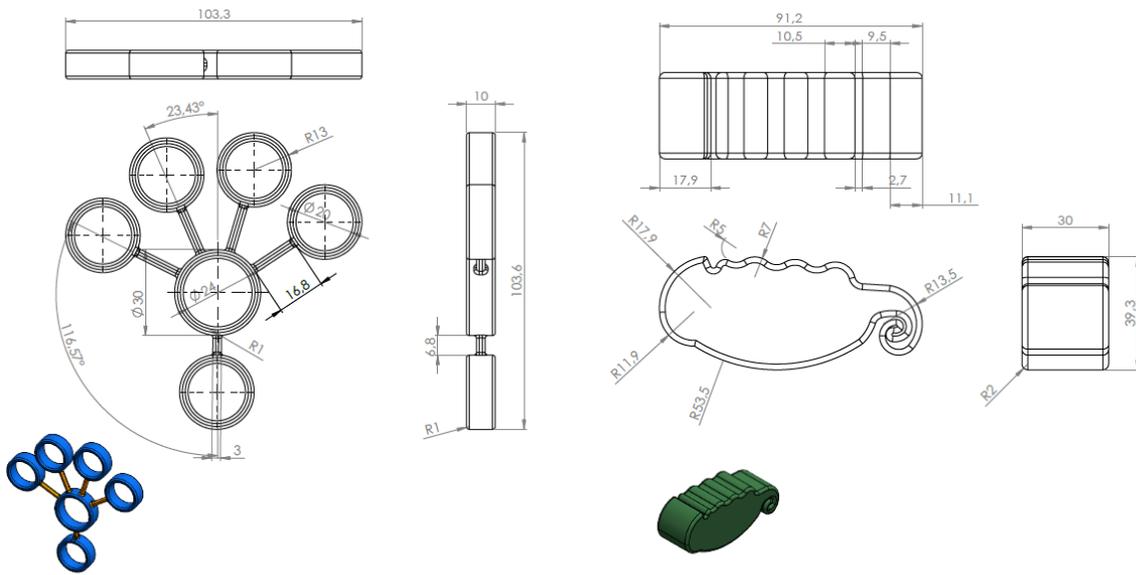
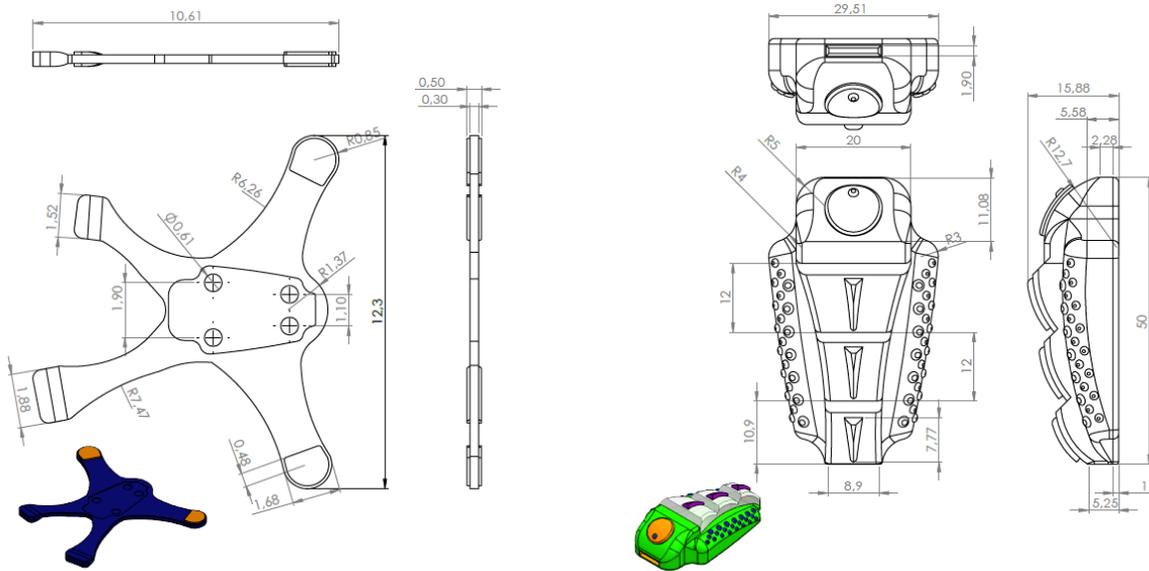
| MATERIAL | PROCESO | COSTO PROCESO 100 UNIDADES | CANTIDAD PARA 100 UNIDADES | COSTO | PROVEEDOR |
|--------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|----------|---|
| Bio TPU AZUL | MOLDEO POR INYECCIÓN DE TPU | \$150.000 1500 POR APERTURA | 2.808 g | \$18.000 | GREAT EASTERN RESINS INDUSTRIAL CO., LTD |
| Bio TPU NARANJA | MOLDEO POR INYECCIÓN DE TPU | \$80.000 800 POR APERTURA | 600 g | \$6.000 | GREAT EASTERN RESINS INDUSTRIAL CO., LTD |
| FIBRA LYOCCELL | CORTE Y CONSTURA | 1.800 PIEZA \$180.000 | 4.5 Mt 2 | \$81.000 | INSTYLE |
| ESPUMA DE POLIURETANO | VACIADO DE ESPUMA | \$400 POR UNIDAD | 8 Kg | \$80.000 | ESPUMADOS DEL LITORAL S.A |
| CORDÓN DE LATEX | CORTE Y UNIÓN CON ANILLOS | \$300 POR UNIDAD | 15 Mt | \$12.000 | LIASA INDUSTRIA |
| CINTA ELÁSTICA | CORTE Y COSTURA | \$500 POR PAQUETE | 4.3 Mt | \$3.500 | LIASA INDUSTRIA |

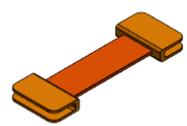
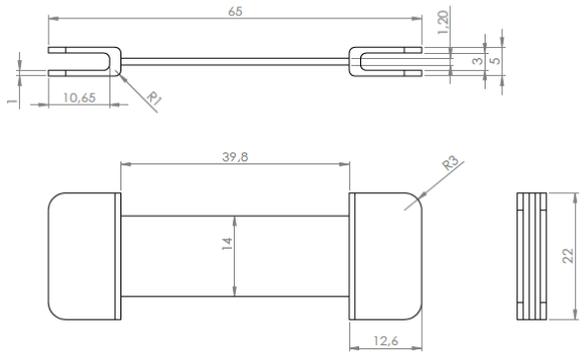
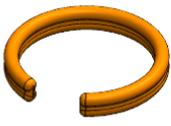
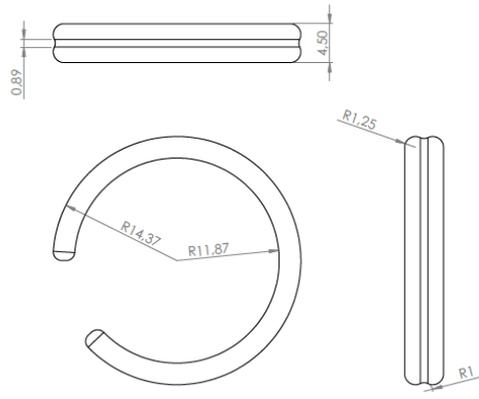
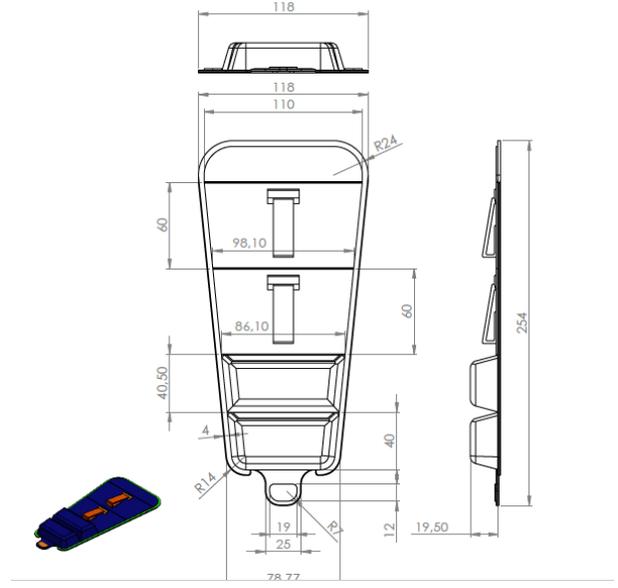
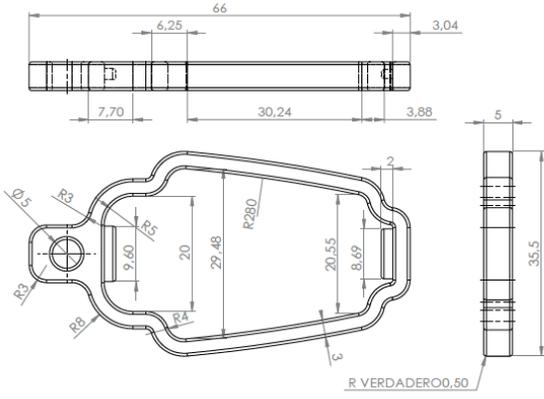
| | | | | | |
|---------------------|------------------------------|-------------------|--------------------------------|--------------------|-------------|
| HILO DE ALGODÓN | COSTURA | \$700 POR UNIDAD | 600 Mt | \$2.500 | VENUS |
| VELCRO NARANJA | CORTE Y COSTURA | \$500 POR PAQUETE | 1.5 Mt | \$1.500 | VELCRO |
| IMANES NEODIMIO 6MM | PEGAR | \$200 POR PAQUETE | 1000 | \$300.000 | DIMETALES |
| PAQUETE TECNOLÓGICO | FABRICADO | \$12.500 UNIDAD | 100 UNIDADES | \$1'250.000 | IMPEXTROM |
| MOLDE DE INYECCIÓN | MECANIZADO TOTAL | \$470.000 | 1 | | PYTON SOLES |
| ADHESIVO ECOLÓGICO | PEGAR | \$200 POR PAQUETE | 250g | \$7.000 | TESA |
| | COSTO TOTAL PROCESOS: | \$895.300 | COSTO TOTAL MATERIALES: | \$1'761.500 | |

COSTO TOTAL FABRICACIÓN TANA 100 UNIDADES: **\$2'656.800**

COSTO TATAL FABRICACIÓN POR UNIDAD: **\$26.568**

Planos de cada elemento:





4. CONCLUSIONES

Este proyecto estuvo inspirado en personas cercanas que conocí en un entorno metalmecánico, operarios que realizan actividades repetitivas y por esto mismo al final de la jornada laboral regresaban a sus casas con malestares y dolores. Por esto se decide desarrollar un dispositivo **Tana** con la finalidad de promover el autocuidado y la importancia de realizar pausas activas cada cierto tiempo en la jornada laboral. También se buscó romper con esa rutina monótona en el trabajo implementando un sistema interesante y que motivara al operario a realizar los ejercicios de manera concentrada, consciente y sobre todo con la mejor actitud.

El desarrollo del concepto de biomimesis por medio del análisis a un animal con características distintivas que se pueden aplicar a un proyecto, tiene un nivel de compleja atención, ya que no es copiar esas características tal cual e intentar plasmarlas en el dispositivo, se trata de entender los principios funcionales, formales y reinterpretarlos para generar propuestas de diseño que sean novedosas y que se alejen de lo convencional.

La exploración formal a partir de las formas orgánicas, por lo general puede verse limitada por la limitación de algunos procesos productivos, ya que se pueden elevar los costos de producción por las formas complejas que requieren mas procesos y transformaciones. Pero si se realiza un buen estudio y se decide que es necesario y que no en el proyecto, se puede lograr superar esa barrera de las posibles limitaciones de fabricación.

Mi aporte como diseñador a este proyecto radica en transformar una actividad rutinaria y poco valorada como los ejercicios preventivos en las pausas activas, por medio de una interacción mas consiente y llamativa por parte del sistema que se creo con el dispositivo, los periféricos y elementos complementarios para los ejercicios preventivos. Teniendo como base los análisis, axiomas de diseño identificados y la relación entre el dispositivo, el operario y su entorno laboral.

Los análisis de los materiales se enfocaron principalmente en la implementación de recursos que fueran amigables con el medio ambiente, reciclables y que su impacto fuera el menor. Aunque no se puede garantizar el 100% de garantías ambientales se puede mitigar ese impacto aportando con las nuevas tecnologías en materiales de carácter biológicos.

Las comprobaciones que se realizaron de **Tana** en el contexto específico, demostraron que los operarios están abiertos a implementar un elemento guía para las pausas activas, principalmente por que se diferencia por la propuesta interactiva ya que genera un interés al percibir las diferentes formas y contrastes cromáticos seleccionados. También les llamó la atención el poder disponer del dispositivo por fuera del espacio principal de las pausas activas y la autonomía por parte del operario para ubicarlo donde lo sienta más cómodo. Lo que más destaco de la comprobación, fue la rápida comprensión de cada operario y la buena disposición de realizar los ejercicios con todo el conjunto de elementos del dispositivo.

5. RECOMENDACIONES

Tana es un dispositivo diseñado a partir de un análisis de posturas y actividades desgastantes de un operario de torno convencional y que lo pueden llevar a una enfermedad musculo esquelética como la tendinitis, tenosinovitis y el síndrome del túnel carpiano, pero eso no lo exime de no ser probado en otros espacios laborales y que correspondan a movimientos repetitivos. También se puede implementar para fomentar las buenas practicas de autocuidado y la realización de ejercicios de distención.

Finalmente se puede expandir los alcances de **Tana** y considerar su promoción en las empresas manufactureras, a nivel local a mediano plazo y en el exterior a largo plazo.

6. REFERENCIAS

-Bromley, I. (2006). Tetraplejia and Paraplejia A GUIDE FOR PHISIOTERAPISTS.

Philadelphia: Churchil livingstone, ELSEVIER

- A. I. Kapandji, Fisiologia Articular Tomo I, sexta edición, (2012) editorial medica

panamericana.

-Estadísticas lesiones:

<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/PS/salasituacional-discapacidad-nacional-oct-2016.pdf>

-Sala situacional de las Personas con Discapacidad, Ministerio de Salud y Protección Social,

junio 2018.

-Lesiones-musculoesqueléticas-de-origen-laboral segunda edición. Comisiones Obreras de

Asturias.

-Síndrome carpiano:

<https://www.mayoclinic.org/es-es/diseases-conditions/carpal-tunnel-syndrome/symptoms-causes/syc-20355603>

-Definición enfermedad laboral, ministerio de trabajo

decreto_1477_del_5_de_agosto_de_2014

- Factores de riesgo de trastornos músculo-esqueléticos crónicos laborales
Leticia Arenas-Ortiz, Óscar Cantú-Gómez - Med Int Mex 2013;29:370-379

-Boletín informativo en Colombia:

<http://espanol.arthritis.org/espanol/disease-center/imprimia-un-folleto/artritis-en-trabajo/>

-Atlas de ortesis y dispositivos de Ayuda ministerio de salud Colombia cifras

7. - Métodos de investigación para el diseño de producto

Alex Milton & Paul Rodgers

-Boletín discapacidad estadísticas:

<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/PS/sala-situacional-discapacidad-junio-2018.pdf>

-Ergonomía para diseñadores, Antonio Bustamante.

-Datos generales cuenta de alto costo: <https://cuentadealtocosto.org>

Benyus J (2012)- *Biomimesis: Innovaciones inspiradas por la naturaleza*, Londres, Inglaterra:

Tusquets Editores S.A

8. ANEXOS

ENCUESTA DE ACTIVIDAD LABORAL 1

Se encuestó a 10 operarios de turnos convencionales de una empresa que fabrica cadenas transportadoras.

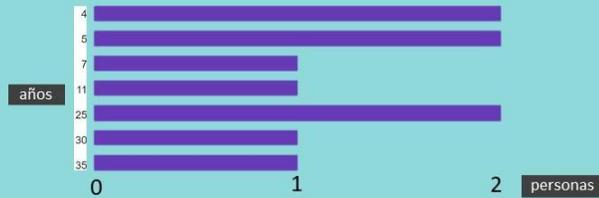
EDADES

21, 25, 26, 26, 28, 33, 45, 52, 55, 57.

SEXO

HOMBRES: 9
MUJERES: 1

¿Desde hace cuánto tiempo desarrolla la actividad?



¿Cuál es su horario de trabajo?

Turnos rotativos: 6 am - 2 pm, 2 pm -10 pm y 10 pm – 6 am.

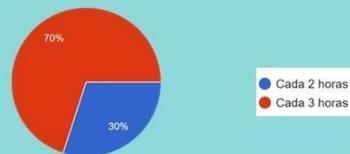
Cuéntenos acerca de su actividad en el trabajo

Operarios de turnos convencionales: ajustar la maquina, ajustar medidas, realizar piezas como ejes, manzanas de fundición, piñones, ruedas, bujes, rodillos, pasadores, casquetes, bujes, machos, hembras, rimas y llevar un control de las dimensiones.

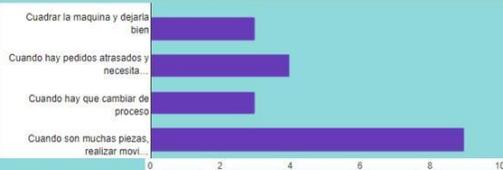
Describe los pasos necesarios para poder realizar su actividad en el trabajo (de principio a fin)

1. Preguntar al supervisor del trabajo 2. Verificar el estado de la maquina 3. Preparar herramientas a utilizar 4. Cuadrar maquina 5. Cuadrar elementos de seguridad personal 6. Prender torno 7. Poner pieza en la copa y apretar hasta que quede bien sujeto 8. mecanizarlo 9. Desmontarlo 10. Verificar dimensiones 11. Ir por mas material 12. Repetir.

¿Cada cuanto realiza pausas activas?



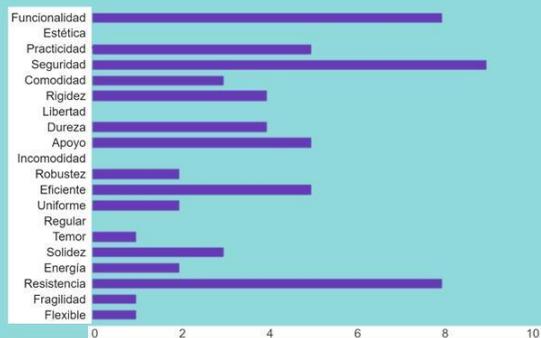
¿Qué momentos son tensionantes en su entorno laboral?



¿Qué elementos de seguridad utiliza para la actividad?

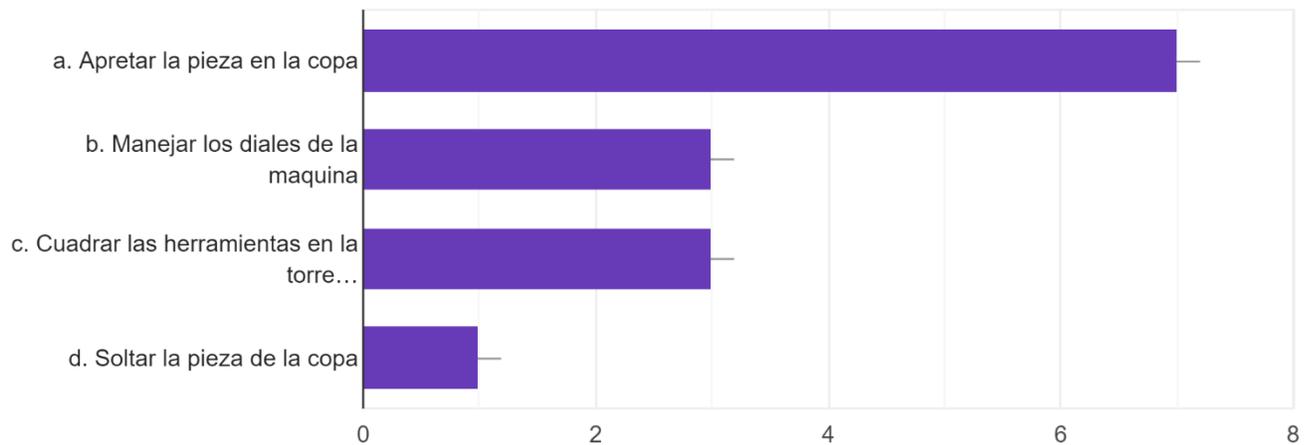
Monogafas, protectores auditivos, tapabocas, guantes, berol, botas punta de acero, careta, peto.

¿Que comunican para usted específicamente las herramientas y máquinas de trabajo?

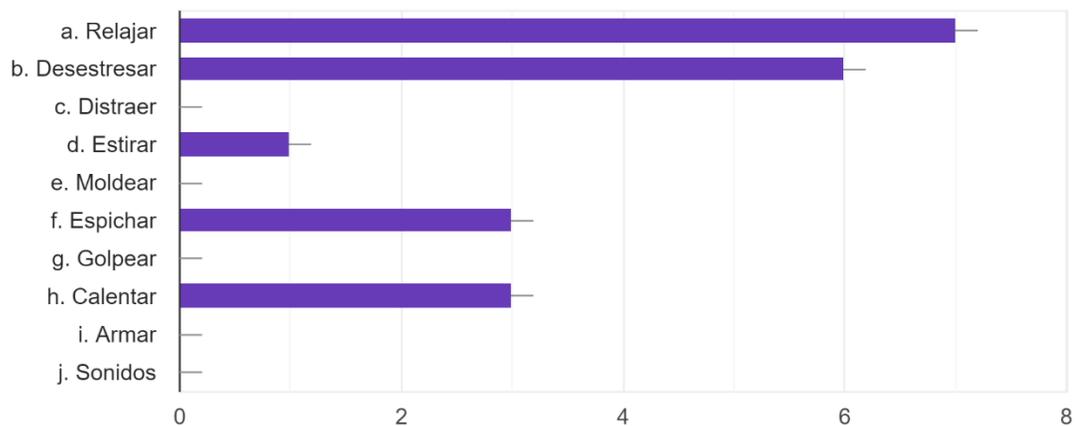


Encuesta número 2

En qué parte del proceso de operación del torno considera que hay un mayor esfuerzo físico:
8 respuestas

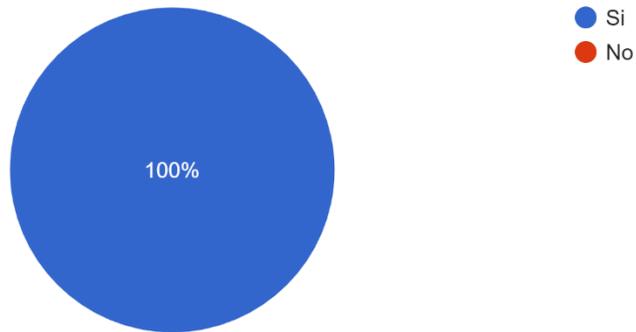


Si pudiera tener una herramienta diferente a las que utiliza normalmente, que funciones le gustaría que tuviera:
8 respuestas



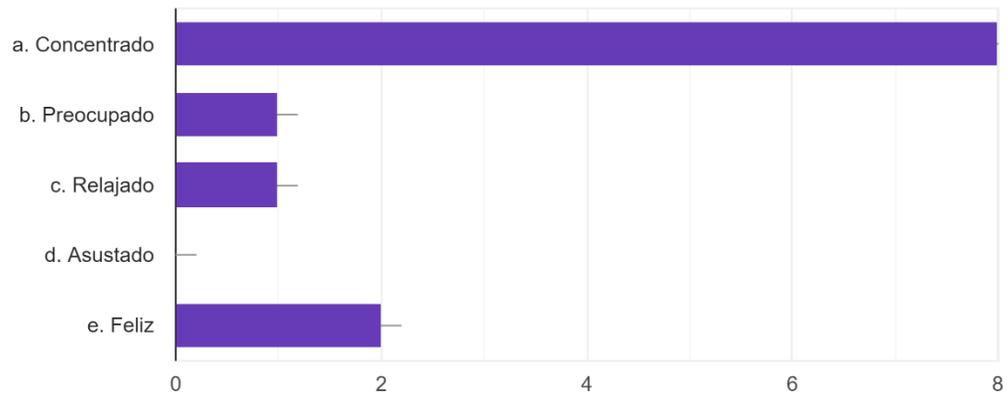
¿Considera que, en la operación para hacer piezas, al usar cierta herramienta por cierto tiempo cansa su mano, le genera dolor?

8 respuestas



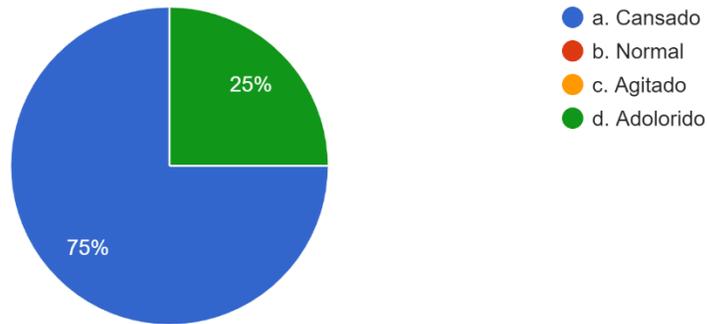
¿Anímicamente cómo se siente realizando esta actividad?

8 respuestas



¿Al final de la jornada, como se siente físicamente?

8 respuestas



¿Qué miedo le genera el realizar esta actividad a corto, mediano y largo plazo?

5 respuestas

no cumplir con las expectativas del trabajo

tener un accidente

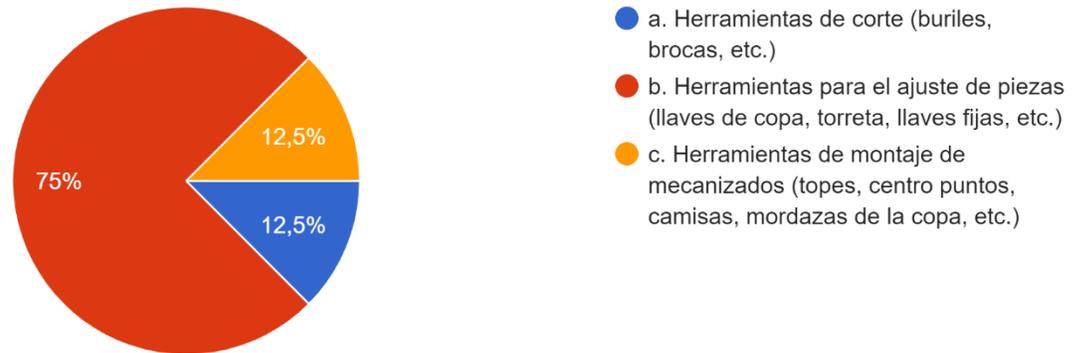
Algún accidente

Lesiones en el cuerpo

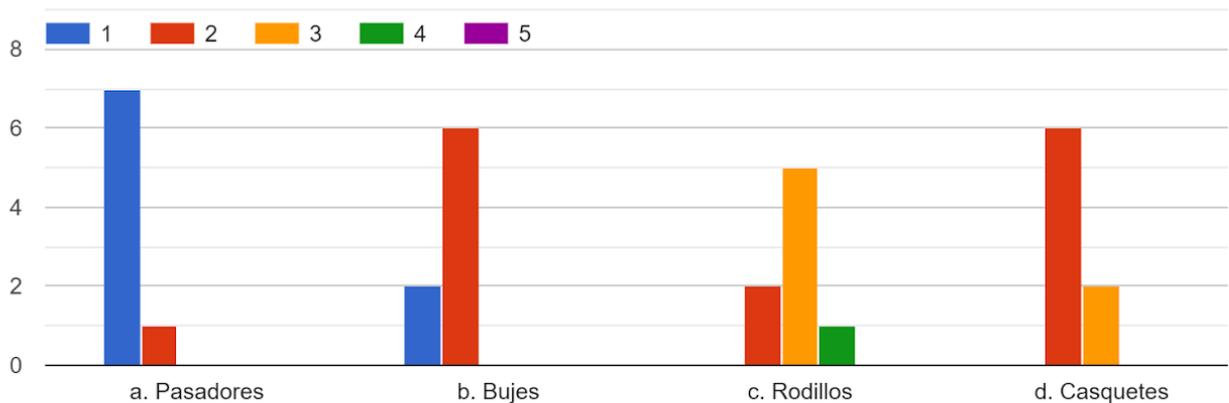
La posibilidad de una lesión

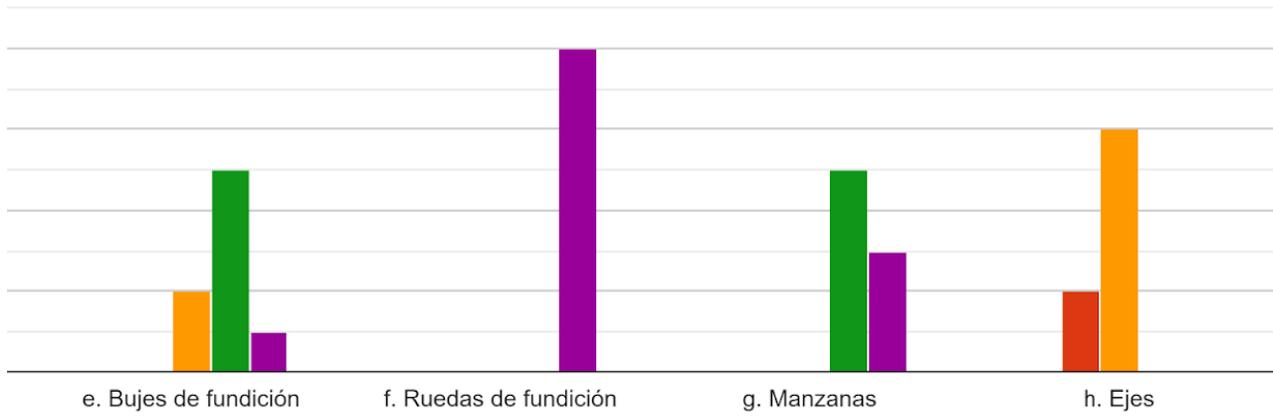
¿Con que herramienta auxiliar tiene más contacto y manipulación en la operación del torno?

8 respuestas



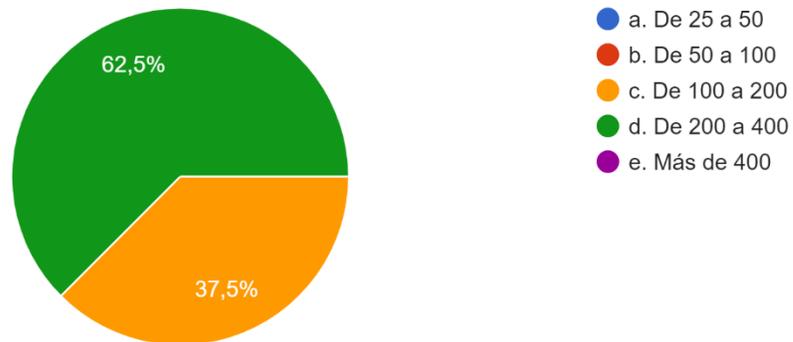
¿Teniendo en cuenta sus procesos y tiempos de mecanizado, asigne un numero de 1 a 5 a cada elemento, 1: fácil y 5: difícil?





¿Teniendo en cuenta la respuesta anterior, aproximadamente cuantas piezas realiza en el turno de la pieza más fácil?

8 respuestas



¿Y aproximadamente cuantas piezas realiza en el turno de la más difícil?

8 respuestas



Alex Milton & Paul Rodgers
Métodos de investigación para el diseño de productos

Etapas

Investigar



Observar:
Un día en la vida del operario...

Preguntar:

Encuestas grupos focales, actividades, experiencia, problemas, dolores, sentimientos.



Aprender:
Interpretación de roles, revisión bibliográfica, fuentes de primera mano.

Fase de exploración:

En esta fase se hace un primer acercamiento con los aspectos más relevantes del proyecto, es decir se indaga de manera personal con personas que tengan conocimiento y experiencia, también se investiga acerca de los escenarios y áreas del conocimiento relacionados.



Herramienta denominada triángulo del proyecto, identifica:
 -Contexto.
 -Usuario.
 -Objetos relacionados.

METODOLOGÍA DEL PROYECTO

Analizar



Definir usuario (Diseño centrado en el usuario)

Fase de identificación:

en esta fase se ordenan los datos obtenidos, se estudian identificando elementos importantes y se sacan conclusiones que aportan al avance del proyecto.



- ¿Quiénes son los usuarios?
- ¿Cuáles son sus tareas?
- ¿Qué nivel de experiencia tienen los usuarios?
- ¿Qué necesitan los usuarios y de qué manera?
- ¿Cuáles son los casos más adversos?
- ¿Se realizarán varias tareas a la vez?

Estructura del problema (Bonsiepe)

- Localización de la necesidad.
- valorización de la necesidad.
- Definir problema proyectual.



Alternativas de interacción

- Interacción directa.
- Interacción indirecta.
- Movimientos.
- Posturas físicas.
- Sonidos.
- Transformación.



Alternativas de forma / función

- Tamaños.
- Colores.
- Texturas.
- Símbolos.
- Materiales.
- Patrones formales.



Desarrollar



Fase de ideación:

Desarrollo de alternativas de diseño. Con esto se considera todo el universo del operario metalmecánico y el desarrollo de una propuesta.

- ¿Cómo se espera que funcione?
- ¿Qué funciones se necesitan?