



Proyecto Innovación Mesa Ergonómica Triaxial Multimanipulación

Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica en Prevención de Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales. Ley 16.744.

Innovadores

Innovador principal: Dr. Erg. Eduardo Cerda Díaz.

Innovador alterno: Dr. Ing. Luis Cerda Ortiz

Contraparte IST:

Francisco Miranda

Este proyecto fue financiado por el Instituto de Seguridad del Trabajo en el Ciclo 2020 de Estudios de Investigación e Innovación Tecnológica, según las Bases para el Desarrollo de Proyectos de Investigación e Innovación en Prevención de Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales. Superintendencia de Seguridad Social, Chile

Abril, 2021



CLAUSULA DE CONFIDENCIALIDAD

Toda información y documentos contenidos en esta propuesta y aquellos derivados del desarrollo del proyecto son de naturaleza confidencial y protegidos en tal carácter. Por tal motivo, sólo podrán ser divulgados a personas que participen directamente en actividades del proyecto y que necesariamente requieran tener acceso al contenido de esta. Esta restricción no será aplicable a aquella parte de la información que pertenezca exclusivamente al destinatario, quien podrá disponer de ésta a su voluntad, en tanto no vulnere los legítimos intereses del emisor. El uso indebido, la duplicación y divulgación de esta información sin autorización expresa de sus titulares, facultará a éstos para iniciar las acciones legales correspondientes y perseguir cualquier acción indemnizatoria establecida por la legislación vigente en la República de Chile, por lo que todo receptor de esta información deberá velar por el cumplimiento de esta obligación, resguardándola en forma debida.

Resumen Ejecutivo

La presentación de este informe final se divide en 9 capítulos, siendo éstos: Resumen (Capítulo 0), Sumario (Capítulo 1), Resumen del proyecto (Capítulo 2), Conceptualización (Capítulo 3), Determinación función hombre máquina MET (Capítulo 4), Diseño y Simulación (Capítulo 5), Análisis de Prefactibilidad y Beneficio (Capítulo 6) y Conclusión y Proyección (Capítulo 7), Anexos (Capítulo 8) y Bibliografía (Capítulo 9).

En el capítulo 3, Conceptualización, se describe tecnología denominada Mesa Ergonómica Triaxial Multimanipulación de Cargas, esta debe cumplir con los Requerimientos de Alto Nivel (RAN) derivados de los análisis previos siguientes: 1) Estado del arte y selección de alternativas de Innovación, 2) Determinación de las herramientas de manipulación de cargas y 3) Determinación de la asistencia a la manipulación funcional triaxial de las cargas.

En el capítulo 4, Determinación función hombre-máquina (MET), se describe cómo se responden las preguntas: ¿Cómo hacer que la MET cumpla con la matriz de requerimientos de alto nivel, RAN, inserto en el ámbito industrial y en sintonía con los adelantos tecnológicos que han venido siendo desarrollados a nivel mundial ?. Se describe un abordaje multidisciplinar con énfasis en la Ergonomía del Trabajo y la Ingeniería Mecatrónica. Se orienta este capítulo con mayor profundidad, hacia los factores tecnológicos que viabilizarán las funciones impulsoras de los objetivos ergonómicos de: levantar, depositar, girar , trasladar y posicionar de forma segura y precisa las cargas en una unidad de producción tipo, que tiene un área de Entrada de Cargas, un Área de Procesamientos o Manipulación de Carga y un área final de Salida y despacho del producto final.



En el capítulo 5, Diseño y Simulación, se describe en forma gráfica y con notas técnicas la conceptualización de la innovación tecnológica de un manipulador móvil remotizado multipropósito destinada al sector industria en el área de logística para prevenir factor de riesgo de manipulación manual de carga.

En el capítulo 6, Análisis de Pre-Factibilidad y Beneficio, se describe la integración de la MET en un entorno de trabajo, vinculado a los flujos de los procesos productivos, análisis de la conceptualización de la determinación del Valor Actualizado Neto (VAN) y consolidación de los Conceptos de Pre-factibilidad.

En el capítulo 7, Conclusión, se realiza conclusión y proyección del desarrollo de la innovación tecnológica.

En capítulo 8 y 9 , se exponen anexos y referencias.

1. Sumario Obra Completa

Sumario Obra Completa

Resumen Ejecutivo	2
1. Sumario Obra Completa	4
2. Resumen del proyecto de innovación	9
3. Conceptualización	10
3.1 Introducción	11
3.2 Metodología	13
3.3 Modernizar, semi-automatizar y automatizar la Manipulación Manual de Carga basado en Requerimientos de Alto Nivel (RAN)	14
3.4 Principales problemas y soluciones detectadas en la Manipulación Manual de Carga por tramos de trabajo en operaciones logísticas	17
3.4.1 Requerimientos a consolidar Tramo 1 – Entrada y Salida de materiales	17
3.4.2 Requerimientos a consolidar Tramo 2 – Procesamiento de carga	19
3.4.3 Requerimientos a consolidar tramo 3 – Salida - Transporte de carga	21
3.5 Estado del Arte y de la Técnica habilitante de transición base para la Mesa Ergonómica Triaxial para Multimanipulación de cargas	22
3.5.1 Tecnologías básicas habilitantes	22
3.5.2 Tecnologías electromecánicas habilitantes para integrar en MET	24
3.5.2.1 Tecnologías de elevación, giro y posicionamiento integrable a la MET	24
3.5.2.2 Tecnologías de transporte automatizado integrable	24
3.6 Matriz de Requerimiento Operacional de la MET	25
3.6.1 Arquitectura y funcionalidades principales de la MET	25
3.6.2 Requisitos de Arquitecturas Funcionales para MET	33
3.6.2.1 Análisis comparativo de arquitecturas de célula sin y con MET	33
3.6.2.2 Manipulación comparativa de cargas en área de Logística	36
3.6.2.3 Manipulación comparativa de cargas en área de Procesamiento	37
3.6.2.4 Manipulación comparativa de Cargas en Áreas de Salida	40
3.7 Conclusión etapa Conceptualización	42

4.	Determinación de las funciones hombre máquina de la MET	43
4.1	Introducción	45
4.2	Función Hombre-Máquina-Entorno de la MET – Análisis Socio Técnico	46
4.2.1	Sistema Técnico	48
4.2.1.1	Funciones de fuerza	48
4.2.1.2	Funciones de Movimiento Continuo de Carga	49
4.2.1.3	Función de Ajustes de Planos de Trabajo	51
4.2.1.4	Funciones de Guía y Control Remotizado	53
4.2.1.5	Función suministro de herramientas	54
4.2.1.6	Función de reemplazo a tecnologías sostenibles	55
4.2.2	Sistema Socio	56
4.3	Resumen Función Hombre- Máquina (MET)	58
4.4	Función Hombre – Máquina / Criterios de Ergonomía, Seguridad y Salud	59
4.5	Conclusión - Funciones Hombre – Máquina y Análisis Socio Técnico	64
5.	Diseño y Simulación Computacional	64
5.1	Diseño, Tecnologías y Simulación de la Innovación – La Idea	64
5.2	Geometrías, Tecnologías y Simulación de la Idea	65
5.3	Simulación de funciones de apoyo a manipulación crítica de cargas	66
5.4	Simulación de elevación y descenso de la carga	67
5.5	Simulación de intercolaboración entre MET Especializadas	68
5.6	Simulación de accionamientos sincronizados	70
5.7	Geometrías, tecnologías y materiales	71
5.8	MET con Mecanismos de Levante	74
5.9	Criterios de Ergonomía Técnicos y Normativos	74
5.10	Simulación en contexto / entorno	75
6.	Análisis de prefactibilidad y Análisis de Beneficio	77
6.1	Análisis de prefactibilidad	77
6.1.1	Impacto de la MET – Foco de interés	77
6.1.2	Características foco de la MET basada en RAN	77
6.1.3	Prefactibilidad elementos tecnológicos y RAN	78
6.1.4	Factores de Análisis de Prefactibilidad	79

6.1.4.1	Mercado	79
6.1.4.2	Financiero	79
6.1.4.3	Tecnológicos	79
6.1.4.4	Administrativos	79
6.1.4.5	Ambientales	80
6.1.4.6	Suministros	80
6.1.5	Análisis Financiero de Prefactibilidad	80
6.1.5.1	Conceptualización del análisis	80
6.1.5.2	Conceptualización y cálculo cuadro de análisis financiero VAN	82
7.	Conclusión	84
8.	Anexos	87
8.1	Anexo Tecnologías Habilitantes	87
8.2	Anexo - Referencias de tecnologías para RAN de la MET	92
8.3	Anexo Matriz RAN Tramo 1, 2 y 3	94
8.4	Anexo – Suministro de Herramientas	97
8.5	Anexo Elementos de Control	99
9.	Referencias	101

Índice de figuras

Figura 1. Estructura de desglose de trabajo (EDT)	13
Figura 2. RAN	15
Figura 3. Empleos de alto riesgo de automatización ClapesUC 2019.....	16
Figura 4. Reproceso lateral e inferior	19
Figura 5. Elevación y depósito de cargas	21
Figura 6. Tecnologías para reemplazo manipulación de elevación.....	22
Figura 7. Tecnologías para reemplazo manipulación de elevación y giro	23
Figura 8. Tecnologías para reemplazo manipulación de transporte	23
Figura 9. Tecnologías de elevación, giro y posicionamiento	24
Figura 10. Tecnologías de transporte	24
Figura 11. Arquitectura mesa ergonómica triaxial, MET, en ambiente de producción.....	26
Figura 12. Tecnologías autoestabilizantes para MET	27
Figura 13. Componentes estructurales de la MET	28
Figura 14. Componentes actuadores de la MET	29
Figura 15. Componentes de levante, endo-traslación y sujeción de carga de la MET	29
Figura 16. Componentes motrices conceptuales de la MET	30
Figura 17. Dimensiones de la MET.....	31
Figura 18. Acción de elevación, traslación y giro concéntrico a la Base 2	32
Figura 19. Innovación de rueda esférica y autoestabilizante para MET	33
Figura 20. Análisis comparativo células con y sin MET.....	35
Figura 21. Manipulación comparativa MMC con Met y Sin MET	36
Figura 22. Manipulación comparativa MMC con y sin MET - Procesamiento	39
Figura 23. Manipulación comparativa MMC en Salida Proceso.....	41
Figura 24. Mesa Ergonómica Triaxial Multimanipulación. MET.....	44
Figura 25. Estructura de Desglose (EDT) Análisis de Funciones	46
Figura 26. Función del “Sistema Hombre- Máquina- Medio -Ambiente” . Diagrama de Ishikawa	47
Figura 27. Funciones de fuerza	48
Figura 28. Servo direccionamiento de rueda motora y ruedas conducidas para el avance frontal MET.....	49
Figura 29. Rueda motora y ruedas conducidas – Función de Movimiento	49
Figura 30. Encoders – Función de movimiento.....	50
Figura 31. Alturas de planos de trabajo – Función de ajuste de altura.....	51
Figura 32. Trabajo con carga girada con joystick y/o con rodamiento plano y coplanar con mesa de giro.....	52
Figura 33. Control remotizado tipo Joystick	53
Figura 34. Automatics Guide Vehicle - Futuro de Desplazamiento en logística de tecnologías colaborativas	54
Figura 35. Comparativo máquinas de transporte.....	55
Figura 36. Estructura de Desglose de Trabajo de la Capacitación en la Operación de la MET.....	57
Figura 37. Conceptualización de diseño de la MET.....	60
Figura 38. Diagrama lógico de decisiones de la MET	63
Figura 39. Mapa conceptual de la Innovación MET	65
Figura 40. Simulación MET – Funciones de Apoyo.....	67
Figura 41. Simulación MET – Elevación y Descenso.....	68
Figura 42. Simulación Intercolaboración entre METs	69
Figura 43. Simulación intercolaboración METs	69
Figura 44. Simulación de accionamientos sincronizados.....	70
Figura 45. Tecnología habilitante rueda esférica (A) y rueda convencional conducida(B)	71
Figura 46. Geometrías, tecnologías y materiales (A, B, C y D).....	72

Figura 47. Geometrías, tecnologías y materiales (E y F)	73
Figura 48. Geometrías, tecnologías y materiales (G, H e I)	73
Figura 49. Mecanismos de auto-levante	74
Figura 50. Riesgo de MMC Variables: Peso, Distancia Horizontal, Distancia Vertical, Distancia de Transporte, Desplazamiento Vertical y Sistemas de Acople.....	74
Figura 51. Control de variables: Peso (P), Distancia Horizontal (H), Desplazamiento y Distancia Vertical (V), Sistema de Acoplamiento (A) y Técnica de Manipulación *. Elimina MMC.....	75
Figura 52. Simulación virtual de MET - Sustentabilidad y Seguridad.....	76
Figura 53. Cuadro de VAN y TIR Conceptualizado por Empresa con Análisis Sectorial	83

2. Resumen del proyecto de innovación

El desarrollo de una “MESA ERGONÓMICA TRIAXIAL MULTIMANIPULACIÓN DE CARGAS” se sitúa en el ámbito de la seguridad y salud en el trabajo, asociado a la prevención de trastornos musculoesqueléticos y enfermedades profesionales de las/los trabajadoras/res, por lo que requiere ser abordado de forma multidisciplinar, aplicando una metodología sistemática para que genere la oportunidad de solución.

A través de esta propuesta de innovación, se busca la eliminación del sobreesfuerzo derivado de la exposición al factor de riesgo de manipulación manual de carga en tareas de logística o similares. En estas tareas, es usual la manipulación manual de carga de productos sobre 20 Kg, ejecutados en alturas críticas, considerando criterios normativos (alturas sobre 155 cm y bajo los 60 cm), elevadas distancia de transporte, pesos elevados y condiciones de acoplamiento mano-objeto (agarre) críticos, entre otras variables específicas como características propias de la carga.

Por otra parte, cobra relevancia en esta propuesta, la alta presencia de mujeres en los procesos productivos donde realizan dichas tareas de manejo manual de carga, donde la mayoría de las veces se superan los límites de peso recomendados según normativa vigente, no cumpliendo con el límite de peso de manipulación de máximo 20 Kilogramos, condición similar a la exposición de trabajadoras del sexo masculino que se exponen a manipulaciones manuales de carga con pesos sobre 25 Kg.

El proyecto MESA ERGONÓMICA TRIAXIAL MULTIMANIPULACIÓN busca conceptualizar un sistema electromecánico que reduzca las manipulaciones de cargas, interviniendo específicamente en las operaciones de elevación, descenso o posicionamiento de las piezas centrales, objetos de movimientos y desplazamientos. Este proyecto, además, generará una ingeniería de perfil para generar un modelo de Mesa Triaxial, móvil, semi-estacionaria y/o estacionaria para ser aplicada en diversas tareas con manipulación manual de carga que involucren elevación, descenso, transporte, empujes y/o arrastres combinados o no, con adecuación de fuerza, velocidad y grados de libertad que abarquen el máximo de posiciones aleatorias que deban ser ejecutadas para cumplir con el trabajo.

El objetivo central es desarrollar innovación tecnológica mediante un manipulador móvil remotizado multipropósito en el sector industria, para prevenir factor de riesgo de manipulación manual de carga. Para ello, se ejecutarán en forma secuencial; primero, actividades relacionadas a la conceptualización de la innovación analizando las principales problemáticas asociadas a la manipulación manual de carga; segundo, actividades

orientadas a definir variables relevantes a intervenir en el proceso de eliminación de la manipulación manual de carga, mediante la innovación tecnológica, asegurando prefactibilidad de implementación; tercero, actividades asociadas a la definición de funciones hombre-máquina; cuarto, actividades relacionadas al diseño inicial de la idea conceptual y quinto, desarrollo de prototipo virtual de la innovación tecnológica.

Este proyecto de innovación es coherente con lo determinado en las bases, dado que, “innovará y mejorará significativamente” un mecanismo simple y versátil a la vez, de tipo triaxial , es decir con capacidad de mover la carga en los ejes, X, Y, Z, con los alcances determinados caso a caso , ejecutados por su torreta central y los mecanismo actuadores dispuestos según requerimientos de las manipulaciones a realizar que le permita levantar, bajar, hacer rotar la carga con diferentes grado de libertad o DOFs (Degrees of Freedoms) , sin mayores intervenciones manuales de riesgo. Así por ejemplo: Seis grados de libertad (6DOF) se refiere al número específico de ejes que un cuerpo rígido denominado CARGA se puede mover libremente en un espacio tridimensional.

3. Conceptualización

En este capítulo, La Conceptualización de la innovación MESA ERGONÓMICA TRIAXIAL MULTIMANIPULACIÓN, en adelante MET, describe el estado del arte de tecnologías similares que sean concurrentes en funciones, de manipulación de cargas similares en parámetros tecnológicos (peso, materiales, resistencia) y geométricos (volúmenes), delimitados como condiciones de bordes para asegurar una concretización bien definida en objetivos, plazo y costos, que incluyan selección de alternativas de innovación, determinación de herramientas de manipulación, seguridad, viabilidad técnico económica, integración de tecnologías habilitantes, ya probadas para hacer parte de la MET y determinación de los protocolos de operación de esta innovación para la asistencia a la Manipulación de Carga para cumplir con el máximo de los Requerimientos de Alto Nivel (RAN) solicitados por los principales interesados (stakeholders).

Estos RAN han sido resumidos por los autores de este proyecto, basado en estudios sectoriales previos de Ergonomía en la Industria (Fondos SUSESO) y en base a la experiencia promedio de 20 años en desarrollos tecnológicos en las área de ERGONOMÍA y MECATRÓNICA (fusión de Ingeniería Mecánica y Electrónica) en las que se conjugan las necesidades de evitar riesgos y lesiones de los trabajadores, en la manipulación de cargas aumentando al mismo tiempo la productividad , calidad y clima laboral de vida laboral, sin perder de vista la óptica de contribuir a la incorporación de innovaciones destinadas al aumento de la competitividad.(CERDA; RODRÍGUEZ, 2017)

3.1 Introducción

En esta sección se tiene como objetivo establecer las variables relevantes a intervenir para conceptualizar el desarrollo de un mecanismo o sistema de manipulación basado en el estudio del estado del arte y de las técnicas existentes. En esta etapa inicial, se realiza un análisis de los problemas característicos de manipulación de carga, para ello, se detallan los Requerimientos de Alto Nivel (RAN) que recomiendan los stakeholders para mejorar la eliminación de sobreesfuerzos, lesiones, accidentes y pérdidas de productividad en cada fase de la línea de producción, destacando las de mayor relevancia y, al mismo tiempo, indicar soluciones vinculadas a esos problemas con la correspondiente viabilidad tecnológica de resolverlos vía transferencia de tecnologías ya existentes, correspondientemente innovadas para adaptarlas a los requerimientos específicos.

Se incorporan tecnologías habilitantes proveniente desde diferentes áreas industriales análogas con la familia de productos o carga a manipular, en este caso con volúmenes de hasta 2 metros de altura, 1 metro de ancho y 1 metro de largo, con pesos de hasta 200 kilos (por ejemplo un refrigerador, cajas u otros) que serán direccionadas a determinados casos específicos de tareas con manipulación manual de carga que realicen elevación, descenso, transporte, empuje y arrastre, con un análisis de las alternativas y requerimientos para las posibles soluciones que viabilicen los movimientos que realiza la persona en cada fase del proceso respectivo.

La Conceptualización de la tecnología denominada MESA ERGONÓMICA TRIAXIAL MULTIMANIPULACIÓN DE CARGAS, debe cumplir con los Requerimientos de Alto Nivel (RAN) derivados de los análisis previos siguientes: 1) Estado del arte y selección de alternativas de Innovación, 2) Determinación de las herramientas de manipulación de cargas y 3) Determinación de la asistencia a la manipulación funcional triaxial de las cargas.

Las variables para intervenir en este proyecto de innovación, se consideran en base al Estudio de Condiciones de Trabajo de la Industria Manufacturera relacionada a factores de riesgos de trastornos musculoesqueléticos dorsolumbares para establecer estrategias y recomendaciones de prevención en el sector donde se concluye que la relevancia de desarrollar innovaciones tecnológicas en el rubro de la industria se debe a los siguientes análisis técnicos, en relación con el Factor de riesgo de Manipulación Manual de Carga: (CERDA; RODRÍGUEZ, 2017) *“En relación con el factor de riesgo, la tarea de manipulación manual de carga individual es la más frecuente en la industria, revelando su importancia en las estrategias preventivas a adoptar. El segundo tipo de manipulación más frecuente es la tarea de transporte de carga. Ambos tipos de manipulación (elevación-descenso individual y transporte) se encuentran con mayor frecuencia en la categoría 2 de riesgo del Método*

Normativo MAC, los que “requieren mejoras”. Los resultados de este estudio permiten conocer las variables específicas que más tributan al riesgo y, a partir de eso, establecer estrategias preventivas diferenciadas por rubro, tamaño de empresa y tipos de manipulación manual de cargas en el sector industrial, en este caso las variables a intervenir en el desarrollo de la innovación a alcanzar con la mesa triaxial multi manipulación”

Lo anterior, releva algo importante en el sector industrial, donde los riesgos de las tareas con manipulación manual de carga pueden ser críticos desde el punto de vista de la probabilidad de ocurrencia de trastornos musculoesqueléticos en puestos de trabajo con exposición efectiva, a pesar de que los materiales posean dimensiones menores en comparación a otros rubros productivos, lo que podría provocar una subvaloración del riesgo en este rubro.

Por otra parte, las tareas de manipulación manual en equipo son predominantes en algunos sectores industriales, esta condición está explicada por la naturaleza de las tareas que se realizan, así como también, por las características de los materiales manipulados, aspectos relevantes que deben ser considerados en la configuración de sistemas productivos y layouts de puestos de trabajo. En ese contexto, una correcta arquitectura del área de trabajo, la planificación, organización y flujo de las cargas deben dar paso a la estructura y configuración de puestos de trabajo, sus máquinas y herramientas, entre ellas la MESA ERGONÓMICA TRIAXIAL, MET, en este tipo de sectores productivos para reducir la exposición a tareas con Manipulación Manual de Carga. Respecto a las variables específicas asociadas a factores de riesgo específico, según los diferentes tipos de manipulación manual de carga, que permiten proyectar intervenciones, se establece en el estudio citado: (CERDA; RODRÍGUEZ, 2017)

- Para las tareas con manipulación manual de carga individual, los elementos que aportan mayor riesgo considerando la frecuencia relativa de presentación son **el peso y distancia horizontal, la región vertical y condición de acoplamiento mano objeto.**
- Para las tareas con manipulación manual de carga en transporte, tal como se menciona en los resultados del estudio, se destaca que en las tareas ejecutadas los elementos que aportan mayor riesgo considerando la frecuencia relativa de presentación son el **acoplamiento mano objeto y la carga asimétrica, así como también la distancia de traslado.**
- Para las tareas con manipulación manual de carga en equipo: se destacan como elementos específicos que aportan un mayor riesgo a este tipo de tarea los siguientes: **distancia horizontal, región vertical y peso asociado a número de trabajadores.**

3.2 Metodología

Para desarrollar el presente proyecto se tendrán en consideración la Estructura de Desglose de trabajo representada en la siguiente tabla:



Figura 1. Estructura de desglose de trabajo (EDT)

Las 4 columnas de la EDT para el abordaje del objetivo central de este proyecto, orientado a la innovación tecnológica de una MESA TRIAXIAL ERGONÓMICA MUTIMANIPULACIÓN a ser aplicada a la solución del máximo de problemas de sobreesfuerzos en los trabajos de logística, se han desarrollado en la secuencia y plazos establecidos.

3.3 Modernizar, semi-automatizar y automatizar la Manipulación Manual de Carga basado en Requerimientos de Alto Nivel (RAN)

La Ergonomía será aplicada en los análisis de los REQUERIMIENTOS DE ALTO NIVEL, RAN, como la disciplina científica que estudia las interacciones entre los seres humanos y otros elementos de un sistema. Utiliza, entre otros, teorías sistémicas, principios, datos y métodos con el fin de diseñar, y obtener así un trabajo seguro, libre de lesiones y con aumento de la productividad.(WILSON; CORLETT, 2005)

Entre los objetivos de este proyecto se asienta la idea de innovar una tecnología que concentre el máximo de beneficios en manipulaciones de cargas para que estas tareas se realicen con estándares de salud, seguridad y productividad. Es relevante que se asegure un diseño de máquinas y equipos para prevenir lesiones por esfuerzos asociados a Manipulaciones Manuales de Carga que tengan como consecuencia patologías musculoesqueléticas y pérdida de eficiencia en el sistema productivo (BZHWEIN, 2019; OIT, 2020).

Para analizar los Requerimientos de Alto Nivel,RAN, necesarios a cumplir por la MESA TRIAXIAL ERGONÓMICA MULTIMANIPULACIÓN para evitar que se originen sobre esfuerzos o lesiones a los trabajadores, se procede a la aplicación de resultados derivados de la interacción de disciplinas que estudian a los seres humanos y a su medio ambiente, tales como la Antropometría, Biomecánica, Fisiología, Ergonomía, integrados a la Ingeniería Mecatrónica, aplicado en la observación de las operaciones, sus problemas y posibles soluciones preliminares según la Figura RAN, siguiente en la que la conceptualización de la herramienta de manipulación a innovar debe ser observada de manera holística en el área de trabajo donde se aplicará.

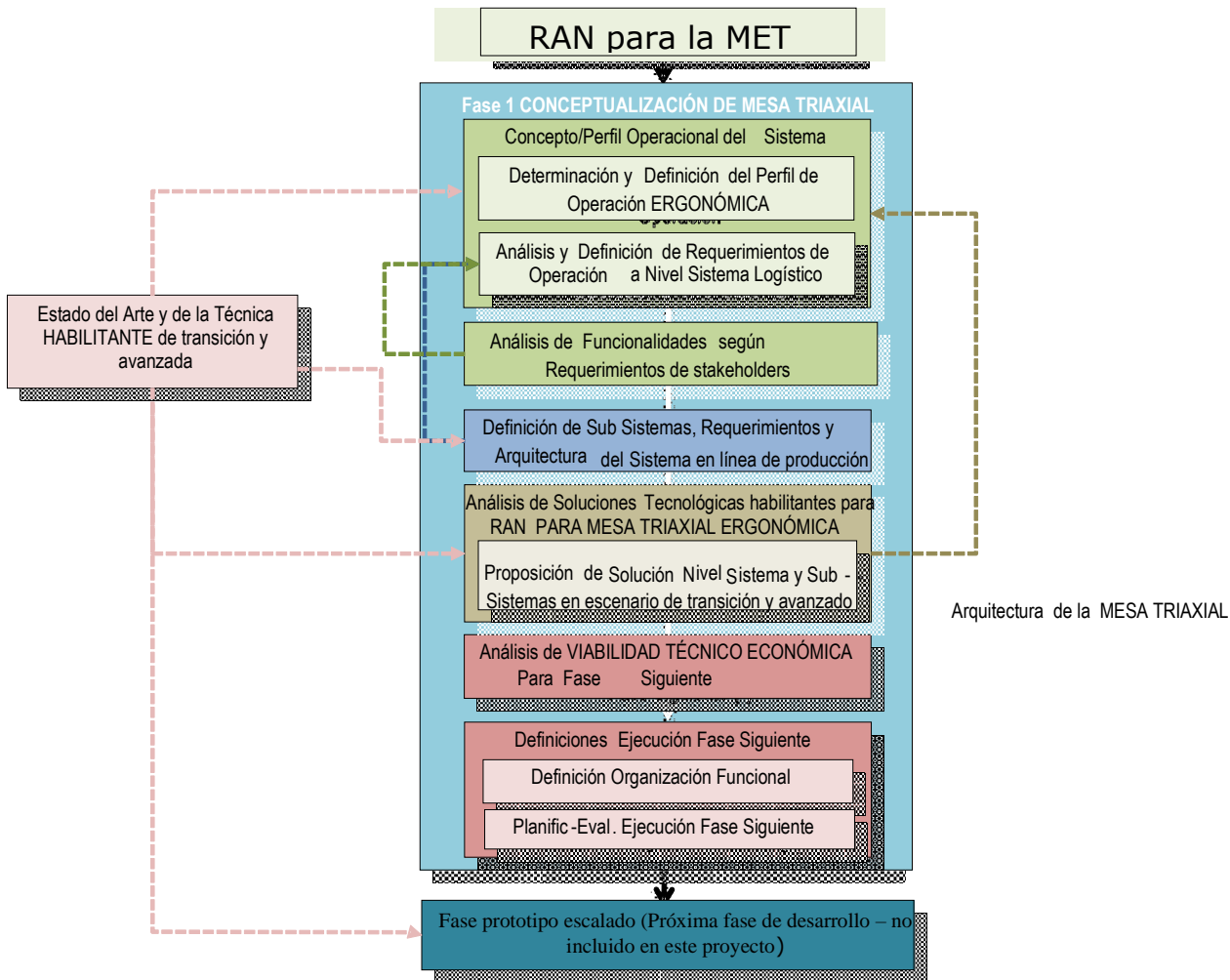


Figura 2. RAN

Es decir la MESA TRIAXIAL, de flexibles aplicaciones y configuraciones, con distintos niveles viables de mecanización y/o automatización, dependiendo de los factores geométricos y tecnológicos de las cargas a manipular, debe estar inserta en medio del sistema compuesto por HOMBRE-MÁQUINA-HERRAMIENTAS Y ESPACIO DE TRABAJO, sin dejar de tener en cuenta los factores ambientales de iluminación, temperatura, aire, ruido, condiciones de suelo y posibles factores estocásticos o imprevisibles, para que pueda reaccionar a tiempo aplicando las funciones Stop, mediante acciones manuales o intervención previa de sensores, frente a posibles interferencias de subsistemas aledaños al área de operaciones de la MESA ERGONÓMICA TRIAXIAL, en adelante MET.

La solución a estos problema de evitar sobreesfuerzos en la manipulación de carga se indican como primera prioridad de acuerdo a un estudio publicado por CLAPES de la UC denominado “Mercado Laboral Chileno para la Cuarta Revolución Industrial” en la que se determina que justamente la solución a los problemas de “almacenamiento y comunicaciones” caracterizados como logística en la industria, en general, están con la máxima prioridad de modernización y automatización, por la gran incidencia de trabajo de manipulación directa que debe evitarse, en primer lugar para reducir sobreesfuerzos y lesiones y , al mismo tiempo, para aumentar la productividad en la cadena de producción optimizada.(BRAVO; GARCÍA; SCHLECHTER, 2019)

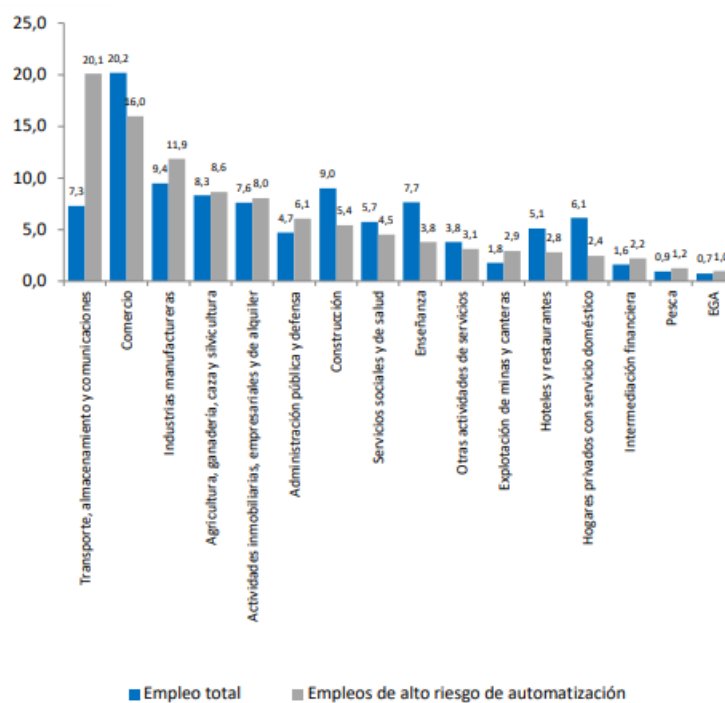


Figura 3. Empleos de alto riesgo de automatización ClapesUC 2019

3.4 Principales problemas y soluciones detectadas en la Manipulación Manual de Carga por tramos de trabajo en operaciones logísticas

3.4.1 Requerimientos a consolidar Tramo 1 – Entrada y Salida de materiales

A. Situación Actual.

Elevación y depósito de carga en ingreso y salida de materiales en procesos logísticos en zonas de origen y destino. Manipulaciones manuales de carga con sobreesfuerzo actualmente en segmento columna y extremidad superior.

- A 1.- Elevar cargas hasta 100 Kg en zona de almacenamiento y reproceso de materiales relacionados con proceso de logística.
- A 2.- Realizar manipulación manual de carga en el eje vertical desde altura de piso hasta sobre 155 cm de altura.
- A 3.- Posicionar cargas mediante elevación venciendo la fuerza de gravedad en cualquier dirección vertical, diagonal hasta ubicarlo en mesa de trabajo o de transición.
- A 4.- Posicionar cargas en distintas direcciones para realizar operación manual según requerimiento del proceso. Colocar la carga en posición vertical de trabajo.
- A5.- Ajustar la altura de trabajo vertical para posicionar carga y lograr alcance de la carga en el eje vertical y ejecutar operaciones representando exigencia asociado a la técnica de trabajo mediante flexiones, rotaciones e inclinaciones en ángulos extremos de columna y flexiones y rotaciones extremas de hombros, codo y muñeca.
- A6. – Ajustar la distancia horizontal de trabajo para posicionar carga y lograr alcance de la carga en el eje horizontal y ejecutar operaciones representando exigencia asociada a la técnica de trabajo mediante flexiones de columna y flexión de hombro para realizar operaciones según requerimiento de la operación.
- A7.- Descender cargas hasta 100 Kg en zona de almacenamiento y reproceso de materiales relacionados con proceso de logística.
- A8.- Posicionar la carga para subir a sistema de ayuda técnica para proceder a siguiente fase del proceso. Ayudas técnicas variadas (Carro, transpaleta, carro horquilla).

B.Situación requerida.

Elevación y depósito de carga en ingreso y salida de materiales en procesos logísticos. MANIPULACIONES INHIBIDORAS DE SOBRESFUERZOS CON REQUERIMIENTOS DE ALTO NIVEL, RAN (ISO, 2014; MINISTERIO DEL TRABAJO Y PREVISIÓN, 2005; SOCIAL, 2018; SOCIAL; CHILE, 2016; TRABAJO, 2018)

- B1.- Subir cargas hasta 200 Kg sobre el CARRO INNOVADO CON MESA TRIAXIAL ERGONÓMICA, MET, rotatoria, por acción de levante vertical y desplazamiento horizontal.
- B 2.- Esfuerzo de bajar la carga a nivel piso desde la MET se elimina reemplazándolo con mecanismos electro-electrónicos considerando eje vertical y horizontal.
- B 3.- Esfuerzo de elevación inclinado de la carga con esfuerzo isométrico en diagonal de la pieza hasta colocarle una mesa de soporte en la parte inferior, se elimina reemplazándolo por acción del mecanismo electroelectrónico de tornillos trapezoidales, tornillos de esferas recirculantes o tornillos mecánicos periscópicos.
- B4.- Esfuerzo de depositar la carga en posición horizontal y vertical de trabajo se elimina reemplazándolo por mecanismos electro-electrónicos y mecánicos de la MET, considerando plano sagital, frontal y transversal.
- B5.- Esfuerzo de flexión de columna, rotación e inclinación de columna, así como también flexión de hombro en rangos articulares extremos para realizar el proceso de trabajo, según requerimiento de la operación se elimina al variar la altura en el eje vertical de la pieza a posición de trabajo ergonómica.
- B6. – Esfuerzo de girar entorno a la pieza para realizar operaciones según requerimiento de la operación se elimina al hacer girar la mesa de la MET en la posición de trabajo angular deseada. Giro en el eje vertical.
- B7.- Esfuerzo de bajar la pieza desde la mesa a nivel de piso se elimina al hacer bajar la mesa de la MET al nivel de piso hasta 25 cm.
- B8.- Esfuerzo de subir la pieza con esfuerzos isométricos e isotónicos sobre otra ayuda técnica para trasladarlo a fase siguiente, se elimina al operar la mesa de la MET al nivel de la horquilla receptora reemplazándolo por mecanismos electro-electrónicos y mecánicos de la MET, dado que baja de forma vertical

3.4.2 Requerimientos a consolidar Tramo 2 – Procesamiento de carga

A. Situación actual

Elevación y depósito de carga en zonas de trabajo y transición, Manipulaciones manuales de carga actualmente realizadas con sobreesfuerzo a nivel de columna a y extremidad superior.

- A 1.- Reposicionar cargas mediante elevación venciendo la fuerza de gravedad en cualquier dirección vertical, diagonal hasta ubicarlo en mesa de trabajo o de transición.
- A 2.- Movilizar cargas en distintas direcciones para realizar operación manual según requerimiento del proceso. Colocar la carga en posición vertical de trabajo
- A3.- Ajustar la altura de trabajo vertical para tener alcance de la carga en el eje vertical y ejecutar operaciones representando exigencia asociado a la técnica de trabajo mediante flexiones, rotaciones e inclinaciones en ángulos extremos de columna y flexiones y rotaciones extremas de hombros.
- A4. – Ajustar la distancia horizontal de trabajo para tener alcance de la carga en el eje horizontal y ejecutar operaciones representando exigencia asociada a la técnica de trabajo mediante flexiones de columna y flexión de hombro para realizar operaciones según requerimiento de la operación.

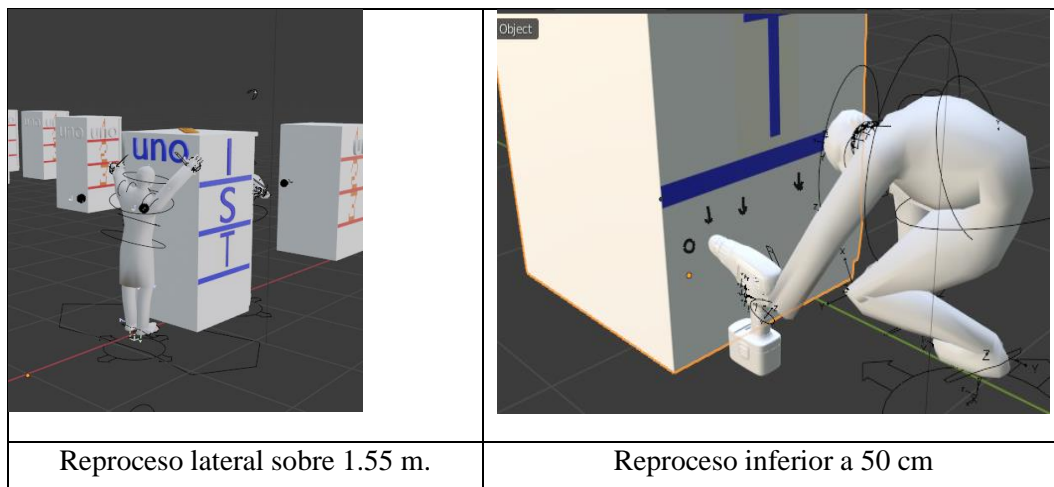


Figura 4. Reproceso lateral e inferior

B.Situación requerida

Elevación y depósito de carga en zonas de trabajo y transición, Manipulaciones manuales de carga. Eliminación y asistencia en la Manipulación Manual de Carga con requerimientos de alto nivel (RAN) (ISO, 2014; MINISTERIO DEL TRABAJO Y PREVISIÓN, 2005; SOCIAL, 2018; SOCIAL; CHILE, 2016)

- B 1.- En las figuras, la primera franja azul superior ubicada bajo la letra I (Instituto), está a la altura de 1.5 metros; la segunda franja azul ubicada bajo la letra S (Seguridad) está a 1 metro de altura y la tercera franja azul, ubicada bajo la letra T (Trabajo) está 50 cm de altura, medida desde la cota $Z=0$ del plano en el que está parado el trabajador. Por lo tanto, las posiciones de trabajo que adopta en las figuras representan riesgo para el operador. Con la MET se deben realizar estos trabajos respetando las normas establecidas que recomiendan no se pueden realizar trabajos de procesamiento sobre 1.50 (sobre el nivel de hombros) ni bajo la cota en el eje vertical $Z= 60$ cm (ISO, 2014; TRABAJO, 2018)

También la MET deberá eliminar los riesgos siguientes:

Esfuerzo de elevación de la carga con esfuerzo isométrico e isotónico en diagonal de la carga hasta colocarle una mesa de soporte en la parte inferior, se elimina reemplazándolo por acción del mecanismo electro-electrónico de tornillos trapezoidales, tornillos de esferas recirculantes o tornillos mecánicos periscópicos.

- B2.- Esfuerzo de colocar (posicionar) la pieza en posición horizontal y vertical de trabajo se elimina reemplazándolo por mecanismos electro-electrónicos y mecánicos de la MET, dado que sube de forma vertical
- B3.- Esfuerzo de flexión de columna, rotación e inclinación de columna, así como también flexión de hombro extremos para realizar el proceso de trabajo según requerimiento de la operación se elimina al variar la altura en el eje vertical de la carga a posición de trabajo ergonómica.
- B4. – Esfuerzo de girar entorno a la pieza para realizar operaciones según requerimiento de la operación se elimina al hacer girar la mesa de la MET en la posición de trabajo angular deseada. Giro en el eje vertical.

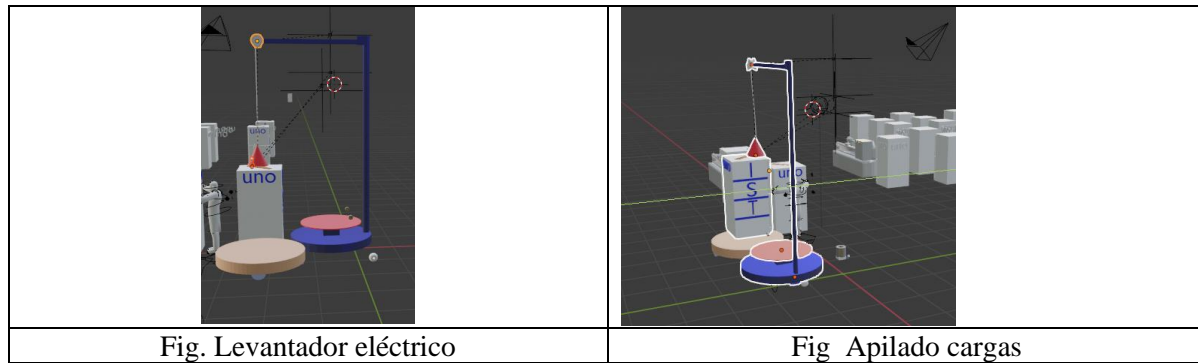


Figura 5. Elevación y depósito de cargas

3.4.3 Requerimientos a consolidar tramo 3 – Salida - Transporte de carga

A. Situación actual

Transporte de materiales, empuje y arrastre de cargas en procesos logísticos en zonas de origen y destino. Manipulaciones manuales de carga que se realizan con sobreesfuerzos en segmentos de columna y extremidad superior.

- A 1.- Realizar descenso en el eje vertical a favor de fuerza de gravedad para bajar cargas a nivel de piso realizando flexiones, rotaciones e inclinaciones de tronco. Con alta demanda en acople mano objeto. Bajar la pieza desde la mesa de embalaje a nivel de piso realizando esfuerzos isométricos con efectos dorso lumbares.
- A 2.- Realizar desplazamientos horizontales mediante soporte de carga, sosteniendo la carga para transportarlo con aplicación de fuerzas desestabilizantes, o mediante empuje y arrastre de cargas con rueda y sin ruedas.

B.Situación esperada

Ejecución de manipulaciones manuales de carga con requerimiento de alto nivel (RAN). (ISO, 2014; MINISTERIO DEL TRABAJO Y PREVISIÓN, 2005; SOCIAL, 2018; SOCIAL; CHILE, 2016)

- B 1.- Se eliminan los esfuerzos isométricos de una o dos personas para bajar y transportar carga desde mesa de operación hasta zonas de origen y destinos requeridos en procesos logísticos al utilizar los mecanismos electromecánicos de la MET, por acción de mecanismo electro-electrónico.
- B 2.- Los esfuerzos para realizar desplazamientos horizontales, soportando carga y ejecutando fuerzas desestabilizando junto a acoples y acciones de empuje y arrastre con sobreesfuerzo con destino a zonas de origen y destino se eliminan dado que la MET tiene mecanismos electro-electrónicos de desplazamiento propios.

3.5 Estado del Arte y de la Técnica habilitante de transición base para la Mesa Ergonómica Triaxial para Multimanipulación de cargas

3.5.1 Tecnologías básicas habilitantes

El presente proyecto innova en una Mesa Ergonómica con los grados de libertad adecuados, DOFs (Degrees Of Freedom), necesarios para reducir las manipulaciones de carga en los trabajos de reprocesamientos de piezas y en los trabajos de transporte que configuran las denominadas operaciones de logística y almacenamiento de cargas. La investigación del estado del Arte en el ámbito industrial realizada describe como resultado la existencia de diversas iniciativas tecnológicas destinadas a proveer de mesas de trabajo que realizan parcialmente una colaboración destinada a evitar los esfuerzos no permitidos en el ámbito de la manipulación manual de carga. Ver Anexo (Tecnologías Habilitantes). Para mayor referencia ver Anexo (Referencias de tecnologías para RAN de la MET)

De las tecnologías anteriormente presentadas se han seleccionado aquellas que se podrían integrar a la innovación de la MESA ERGONOMICA TRIAXIAL de MULTIMANIPULACIÓN para que sirvan específicamente en los tres tramos de trabajo identificados en la matriz de Requerimientos de Alto Nivel, RAN durante la cadena de valor de procesamiento, transporte y almacenamiento de la carga identificada para desempeñarse en un layout para el cumplimiento adecuado de las funcionalidades de la MESA ERGONOMICA.

Tramo 1. Reemplazo de manipulación por levante mecanizado de pieza

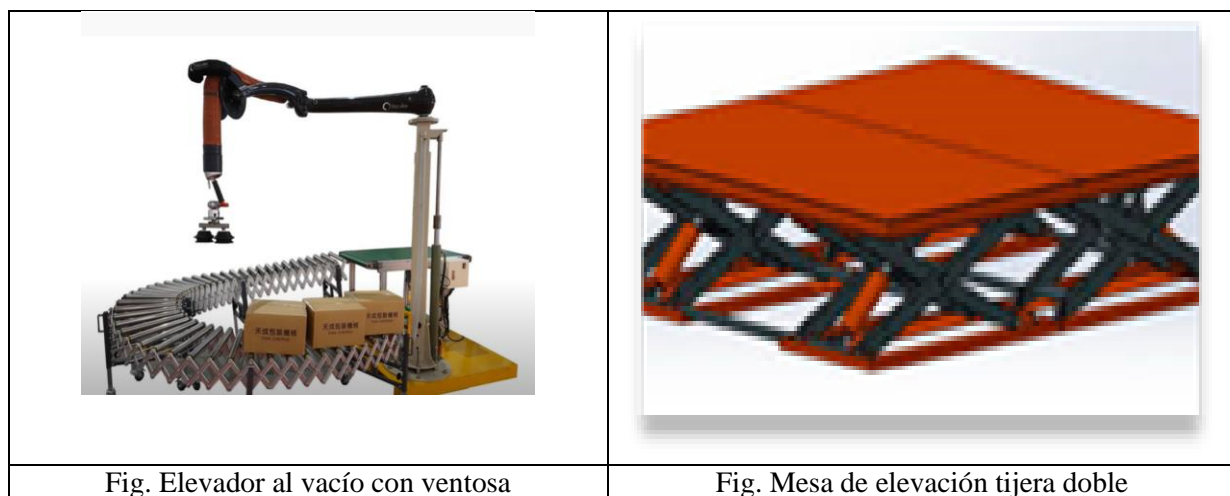


Figura 6. Tecnologías para reemplazo manipulación de elevación

Tramo 2. Reemplazo de manipulaciones múltiples de piezas en área de trabajo y transición (Procesamiento de Carga).


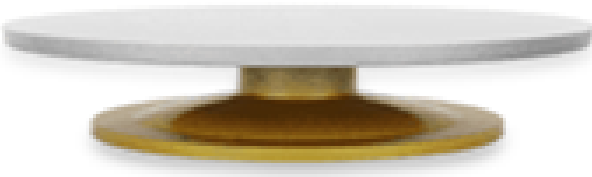
	
<p>Fig. Mesa mecánica de levante y giro</p>	<p>Fig. Mesa de giro y levante, electro-electrónica y/o hidráulica</p>

Figura 7. Tecnologías para reemplazo manipulación de elevación y giro

Tramo 3. Transporte de carga

	
<p>Fig. Grúa horquilla con torre de giro</p>	<p>Fig. Apiladores eléctricos</p>

Figura 8. Tecnologías para reemplazo manipulación de transporte

3.5.2 Tecnologías electromecánicas habilitantes para integrar en MET

3.5.2.1 Tecnologías de elevación, giro y posicionamiento integrable a la MET

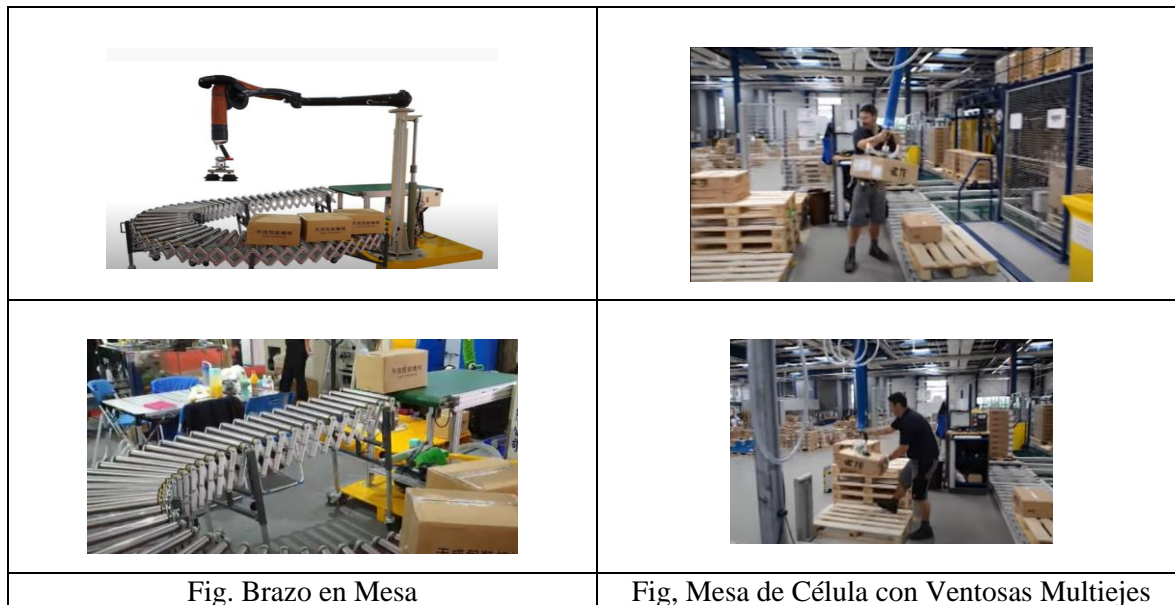


Figura 9. Tecnologías de elevación, giro y posicionamiento

3.5.2.2 Tecnologías de transporte automatizado integrable

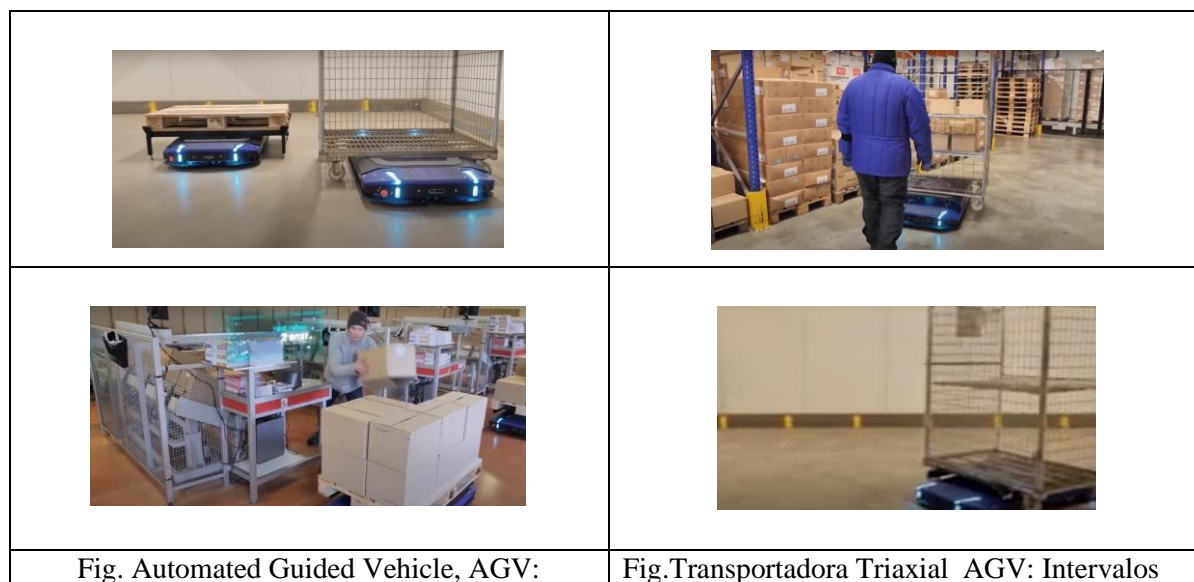


Figura 10. Tecnologías de transporte

3.6 Matriz de Requerimiento Operacional de la MET

Los supuestos que se plantean a continuación son fundamentales para el desarrollo de la MESA TRIAXIAL:

- No se permitirán levantamiento sobre los 25 Kilogramos considerando dotación masculina o 20 Kg considerando dotación femenina. En caso de rango de edades no se permitirá Manipulaciones Manuales de Carga sobre 20 Kg. para hombres mayor de 45 años.
- No se desarrollarán operaciones con sobreesfuerzos isométricos (Movimiento estático) e isotónicos (Movimiento dinámicos) que superen las capacidades de los individuos.
- No habrá riesgos de accidentes por colisión o desestabilización de la carga mediante la incorporación de tecnologías integradas, tales como sensores de movimiento y acelerómetros.
- No habrá interferencias con personas ni máquinas estacionarias o no estacionarias.
- Los elementos de estructura y función de la mesa triaxial consideran aspectos normativos.

3.6.1 Arquitectura y funcionalidades principales de la MET

La MESA ERGONÓMICA debe trabajar ergonómicamente ejerciendo inhibición de manipulaciones múltiples en el marco de una organización del trabajo que permita ordenadamente realizar los trabajos manipulación de cargas durante el procesamiento de carga y a la vez reduzca los transportes y los movimientos innecesario de las cargas al interior de las unidades de producción. Estas unidades de producción deben estar organizadas estructuralmente, en función de una planificación logística que garantice la no interferencia entre hombre-Máquina de producción y pieza o carga a manipular, de tal forma que se observen las normas vigentes para evitar los accidentes y las lesiones derivadas de manipulaciones efectuadas sin las aplicaciones de normas vigentes. La MET está diseñada para entornos cuyas características permitan un correcto desplazamiento de las ruedas establecidas como tecnologías habilitantes.

En la figuras siguientes se representa la arquitectura y funcionalidades de la MESA ERGONÓMICA TRIAXIAL DE MANIPULACIÓN MÚLTIPLE, en adelante MET, objeto principal de este proyecto y luego se presentan los diferentes escenarios de su intervención en las diversas etapas de procesamiento, realizando en paralelo un análisis comparativo entre la situación actual de la arquitectura de unidades de producción de baja eficiencia, sin organización, planificación, ni tecnologías adecuadas, colocadas frente a la situación deseada de un tipo de arquitectura de unidades o células de producción, que sí disponen de una buena organización, planificación relativamente optimizada y con la aplicación de la tecnología representada por la

MET, solicitada a nivel conceptual en esta primera fase del proyecto, antes de avanzar hacia las fases de definición y producción de esta MET con la incorporación del máximo de exigencias de acuerdo a la matriz de REQUERIMIENTO DE ALTO NIVEL, denominada RAN y que debe responder a la concreción en la práctica de las definiciones y exigencias establecidas, a través de los criterios de Ergonomía e Ingenieriles referidas en la introducción de la formulación del presente informe.

Características Innovadora de la MET

- Multimanipulación (Reemplazo de elevación, depósito, transporte, empuje y arrastre en tareas con manipulación manual de carga)
- Multimanipulación triaxial
- Aseguramiento Matriz RAN (Requisitos alto nivel).
- Alternativas control remotizado (A distancia).
- Multiherramienta (para agarre y trabajo).
- Sensores de desplazamiento y colisión.
- Balance con contrapeso dinámico (1).
- Rueda esférica de autobalance (2).
- Reemplazo tecnológico.



Proyecto Innovación

Mesa Ergonómica Triaxial Multimanipulación

- Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica en Prevención de Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales. Ley 16.744.
- Innovadores: Dr. Erg. Eduardo Cerda Díaz y Dr. Ing. Luis Cerda Ortiz.
- Este proyecto fue financiado por el Instituto de Seguridad del Trabajo en el Ciclo 2020

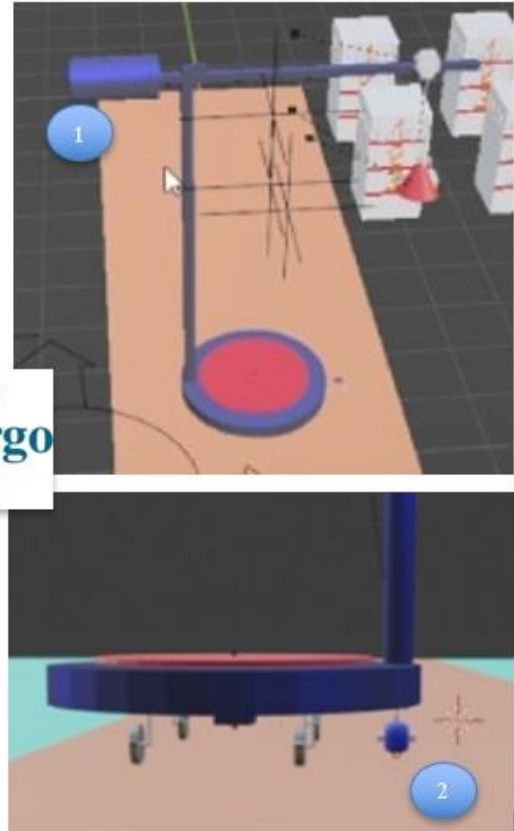


Figura 11. Arquitectura mesa ergonómica triaxial, MET, en ambiente de producción

La conceptualización computacional 3D de la MESA ERGONÓMICA TRIAXIAL, MET, destinada a colaborar en la realización de MULTIMANIPULACIONES DE CARGAS, desde el origen de las operaciones logísticas situada a la entrada de una unidad de producción o célula de trabajo, debe cumplir con los Requerimientos de Alto Nivel, RAN durante las operaciones de levante, depósito, transporte y reposicionamiento de carga dentro de una o entre varias fases de elaboración, procesamiento, reproceso, empaquetamiento, traslado y despacho hacia su almacenaje antes que salga de la unidad de producción.

La MET debe estar diseñada para mover las cargas en los tres ejes de coordenadas X, Y y Z. con una estabilidad equiaxial garantizada, por momentos de torque con la carga en altura y la mayor extensión de la polea sobre la viga transversal. La MET podrá ser dotada de las tecnologías de las grúas inteligente para carga colgantes transportadas en altura. Junto a lo anterior, aun cuando esta MET no necesita transportar las cargas en altura es necesario agregar que en la conceptualización de la MET se considera la integración de sistemas estabilizantes, basado monoruedas autoestabilizantes con la utilización de acelerómetros. También el peso de las baterías y de la máquina en sus Base 1 y 2, más el peso del propio pilar en la vertical ejercen un “contra momento” que será controlado por la RUEDA ESFÉRICA colocada en la base del pilar y con las tecnologías autoestabilizante de los monoruedas .



	
<p>Fig. Mono Rueda auto-estabilizante para viajar de pie que será innovada para aplicarla a RUEDA ESFÉRICA en la MET</p>	<p>Fig. Monorueda auto-estabilizante para viajar sentado</p>

Figura 12. Tecnologías autoestabilizantes para MET

Los movimientos en el plano horizontal formado por los ejes X e Y los realizará mediante propulsión eléctrica de control remotizado por joystick,, a través de una rueda motora que conducirá a otras cuatro ruedas conducidas ancladas con sus ejes de sujeción en la Base 1 indicada en la siguiente figura.



Figura 13. Componentes estructurales de la MET

Los desplazamientos de la carga en el eje ortogonal con el plano “X_Y” los realizará a través de la elevación de la Base 2, situada concéntricamente sobre la Base 1, para moverla en ascenso y descenso programado accionado un motor eléctrico de corriente continua alimentado por batería que hará girar un tornillo sin fin al interior de una tuerca anclada en la Base 1, como se ilustrará más adelante.

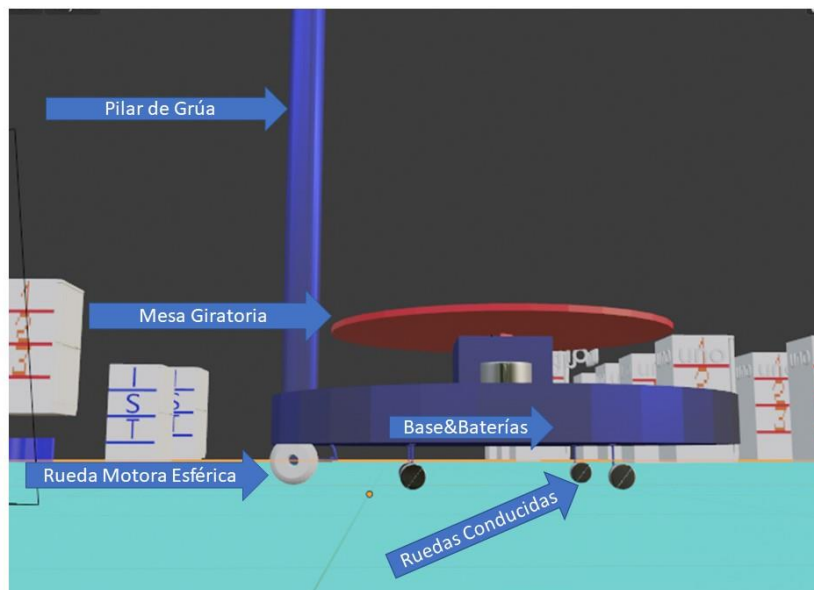


Figura 14. Componentes actuadores de la MET

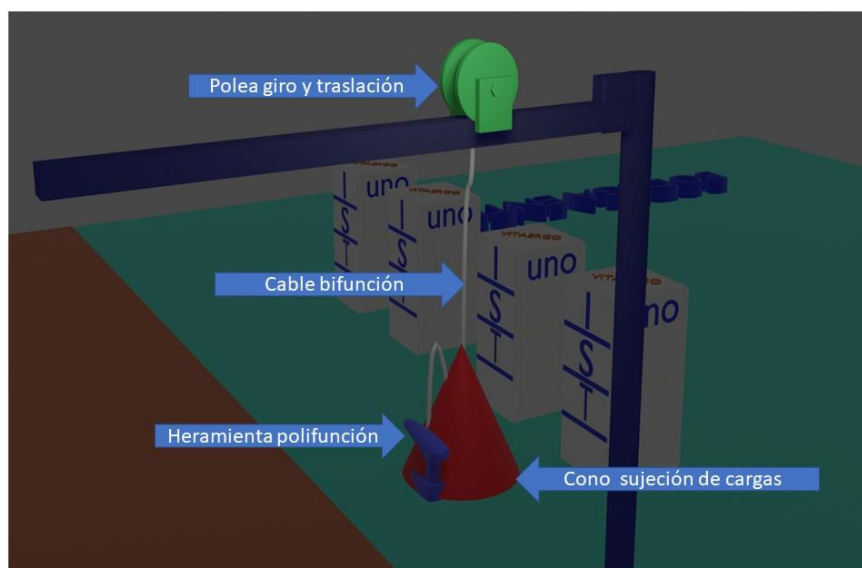


Figura 15. Componentes de levante, endo-traslación y sujeción de carga de la MET

La mesa giratoria podrá girar y/o subir simultáneamente (según sea cada caso particular) con un comando duplicado con la orden “AND” al mando de la MET para accionar simultánea y coordinadamente el motor que acciona el del tornillo sin fin giratorio, esto en base a las necesidades de girar, subir o bajar la carga ubicada

sobre a Base 2, para procesarla o revisarla, con el fin de no adoptar posiciones de trabajo que puedan representar sobreesfuerzo.

La polea de giro y traslación de la figura anterior de color verde levanta o baja la herramienta denominada Cono de sujeción de carga que, dependiendo de los materiales, representa un electroimán para el caso de cajas metálicas o una ventosa, para el caso de cajas plásticas, de cartón y preferentemente de superficies planas. Para geometrías irregulares existen variedad de sistemas de sujeción que pueden reemplazar y/o complementar al Cono. Debe levantar cargas de hasta 200 kilos y volúmenes trapezoidales de hasta 2 metros de alto x 1 metro de ancho y 1 metro de largo

Conceptualmente, la polea comunicada con la herramienta, a través de un cable bi-función (ascenso-descenso y/o traslación) de la carga sobre la viga perpendicular con el pilar vertical de la Grúa.

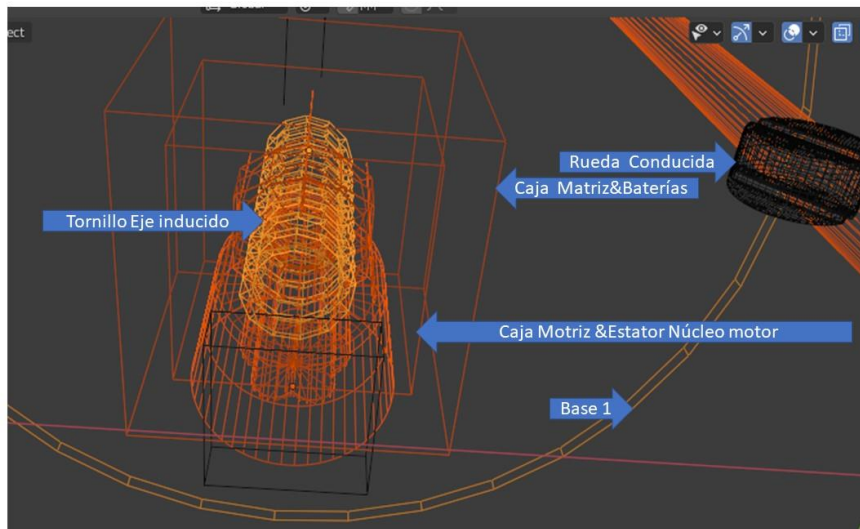


Figura 16. Componentes motrices conceptuales de la MET

Los accionamientos principales están alojados al interior de la Caja Motriz, como se observa en la presentación reticulada que indica la instalación de un Núcleo Motor (motor colocado en el núcleo de la BASE 1) cuyo estator está anclado a la BASE 1 y hace girar un eje tornillo, el que a su vez está en “join” solidario, con la BASE 1 que soportará el peso de la carga a ser levantada y/o girada para que se realicen las operaciones de procesado en los distintos niveles permitidos, sin que los trabajadores deban subir sus brazos más arriba de

1,55 metros, medidos desde la planta de sus pies, ni más abajo de 0,60 cm, medidos de la cota cero del piso en el que se para el trabajador.

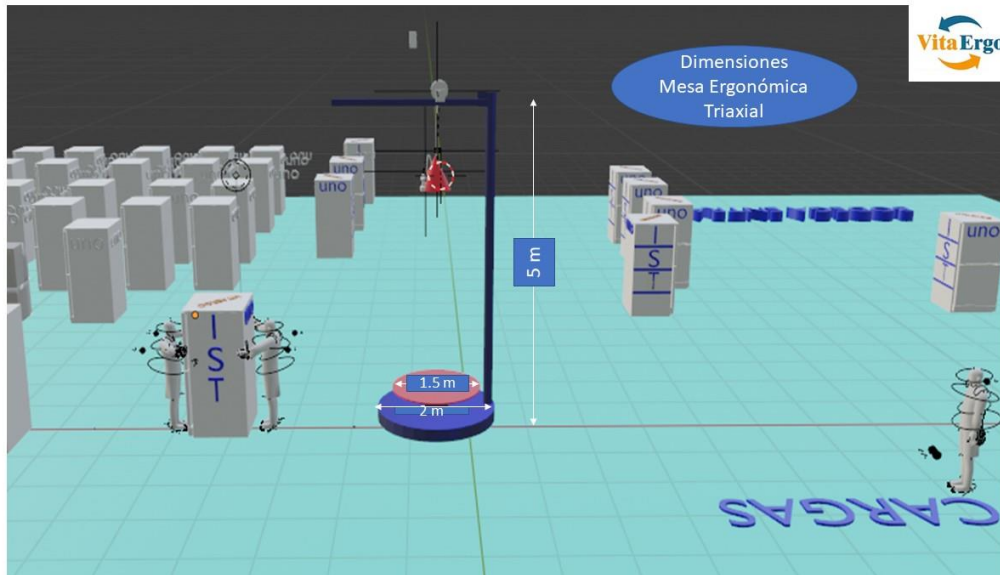


Figura 17. Dimensiones de la MET

Las Dimensiones generales de la MESA ERGONÓMICA TRIAXIAL considera una altura flexible de hasta 5 metros de altura de elevación de una pieza de 2 metros de altura para depositarla sobre otra pieza de 2 metros de altura. El diámetro de la BASE 1 es de 2 metros. La Base 2 tiene un diámetro de 1.5 metros. La distancia del centro de la superficie superior de la BASE 1 hasta la cota cero del eje z es de 45 cm y el sistema de elevación del tornillo central lleva esta carga que mide 2 metros, medidos desde su base hasta la cota cero 95 cm de altura (ver figura siguiente), de tal forma que los trabajos, que hoy se realizan en límite de menor 60 cm de altura permitidos se pueden llevar las alturas adecuadas para cada trabajador, como se observará en los siguientes apartados de este informe de conceptualización .

La MESA ERGONÓMICA TRIAXIAL permitirá trabajar en alturas verticales y distancias horizontales respetando los criterios de Ergonomía, permitiendo elevar y descender cargas a la zona de seguridad.

En la figura siguiente se puede apreciar que la MESA TRIAXIAL ha tomado la carga desde la cota cero para llevarla sobre la mesa de trabajo con altura y giros regulables, para usar herramientas que no deberá elevar dado que el porta herramientas lateral del cono podrá colocarlo a la altura deseada para realizar multifunciones de reprocesamiento, sin hacer levantamiento de pesos, concentrándose en el direccionamiento adecuado de las

herramientas de trabajo tales como: perforadoras, esmeriladoras, remachadoras, punteadoras, corcheteadoras, marcadoras, etiquetadoras, controladores de calidad, dimensionadoras, pintado, soplado, empaquetadoras, y otros.

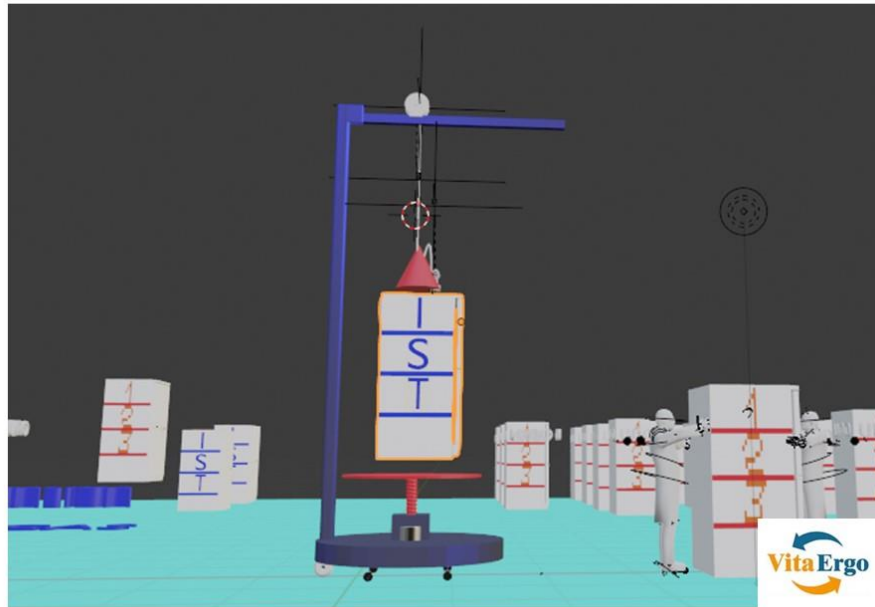


Figura 18. Acción de elevación, traslación y giro concéntrico a la Base 2

Se incorporarán los avances tecnológicos ya maduros y probados (ver capítulo Estado del Arte) y otros serán innovados específicamente para la MET. Entre las tecnologías que serán innovadas se cuenta la RUEDA ESFÉRICA.

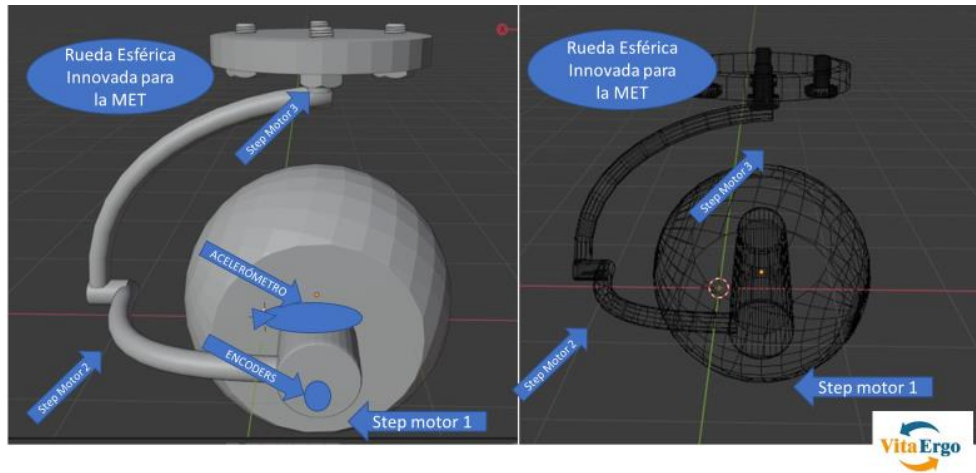


Figura 19. Innovación de rueda esférica y autoestabilizante para MET

Las siguientes cuatro funcionalidades principales de la MESA TRIAXIAL deben ser cumplidas.

- 1.-Levantarse de forma segura y precisa
- 2.-Girar de forma segura y precisa
- 3.-Trasladarse de forma segura y precisa
- 4.-Posicionarse de forma segura y precisa

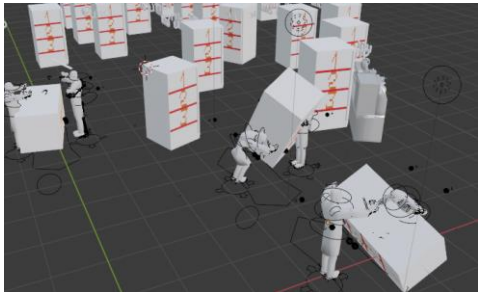

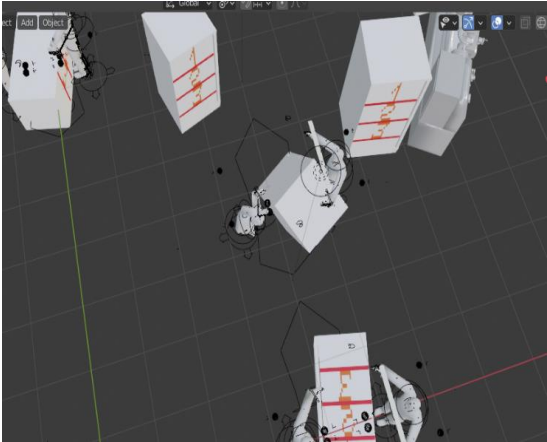
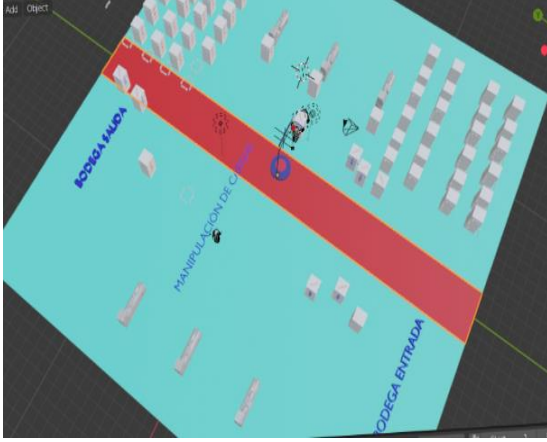
3.6.2 Requisitos de Arquitecturas Funcionales para MET

3.6.2.1 Análisis comparativo de arquitecturas de célula sin y con MET

Esta célula de trabajo no es recomendable para aplicar tecnologías de manipulación ergonómica de carga, dado que la coordinación de las manipulaciones de cargas se complica por el grado de interferencias entre las funciones de producción y las operaciones de logística. Esto significa que los movimientos que realizan las personas para fabricar o reprocesar las cargas interfieren con las actividades dinámicas de logística, entendiéndose éstas como aquellas en las que se cumplen las tareas de movimiento entre fases de producción y/o transporte de las piezas o cargas entre origen y fin de la misma producción.

La comparación se describe en dos columnas :SIN PROYECTO ERGONÓMICO (SIN MET) Y CON PROYECTO ERGONÓMICO (CON MET)

SIN PROYECTO ERGONÓMICO (SIN MET)	CON PROYECTO ERGONÓMICO (CON MET)
ARQUITECTURA Y MANIPULACIÓN DE CARGA DESORGANIZADA Y NO ERGONÓMICA	ARQUITECTURA Y MANIPULACIÓN DE CARGA ORGANIZADA CON MESA ERGONÓMICA TRIAXIAL MULTIFUNCIONES

	
<p>Fig. Desorganización y realización de movimientos innecesarios y con riesgos de lesiones por interferencia entre las operaciones de fabricación y las operaciones de logística</p>	<p>Fig. Organización, reducción de movimientos y esfuerzos de riesgo con asistencia tecnológica de una MÁQUINA TRIAXIAL DE CONTROL REMOTIZADO MULTIFUNCIONES</p>
	
<p>Fig. Desorganización operacional, pérdida de tiempos y calidad del trabajo que reducen la calidad</p>	<p>Fig. Organización operacional asistida con distribución ergonómica de esfuerzos entre los trabajadores</p>

<p>Fig. Riesgos de accidentes debido a la improvisación de operaciones</p>	<p>Fig. Delimitación de áreas logísticas de riesgo y programación digital de operaciones</p>
<p>Fig. Arquitectura desorganizada</p>	<p>Fig. Arquitectura organizada y con áreas de seguridad para el transporte de control remotizado interno</p>

Figura 20. Análisis comparativo células con y sin MET

3.6.2.2 Manipulación comparativa de cargas en área de Logística

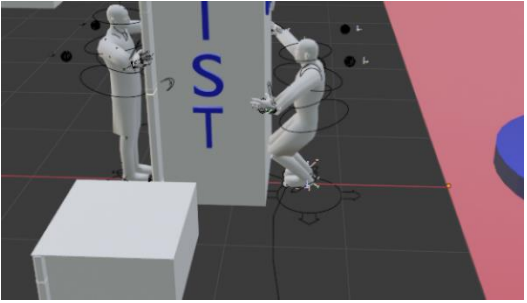
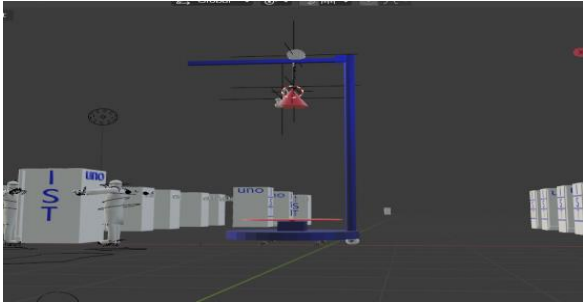
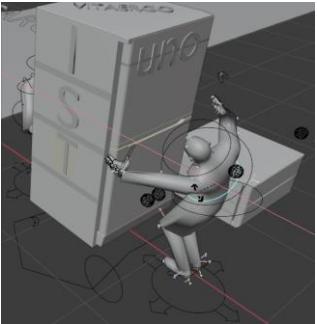
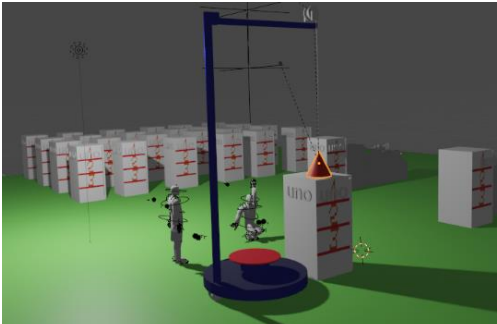
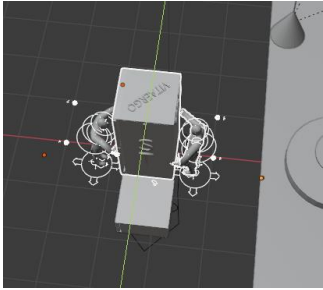
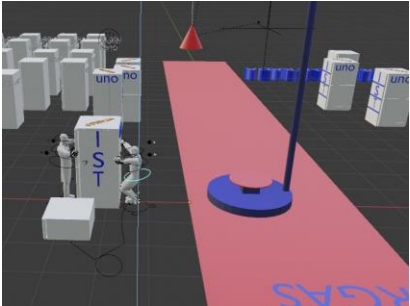
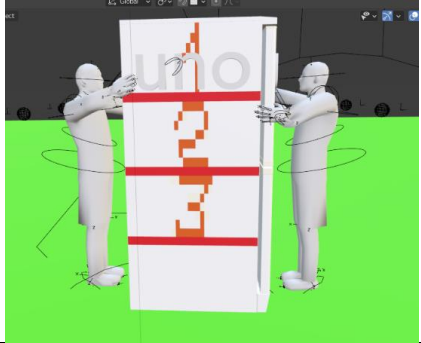
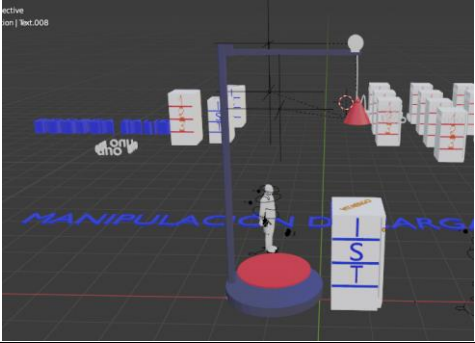
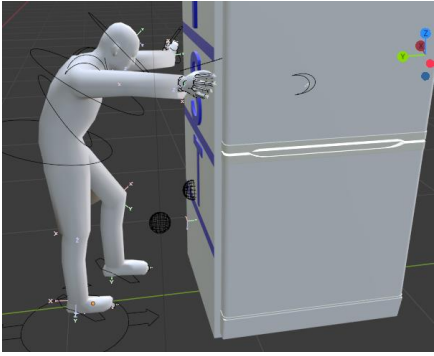
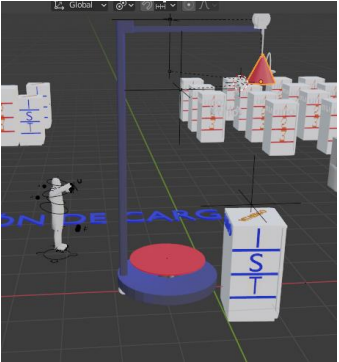
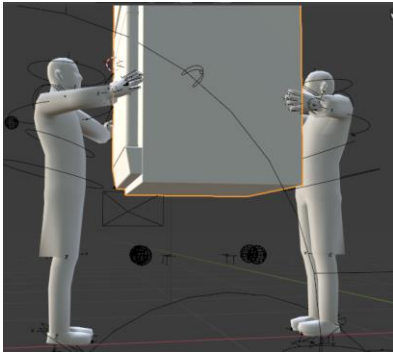
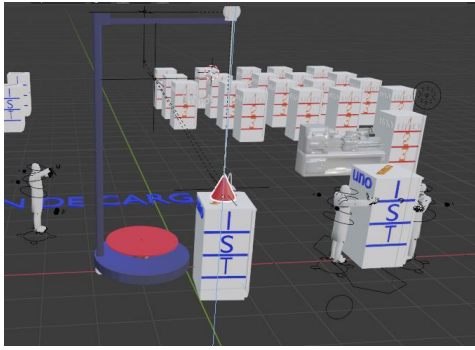
<p style="text-align: center;">SIN PROYECTO ERGONÓMICO MANIPULACIÓN MANUAL DE CARGAS</p>	<p style="text-align: center;">CON PROYECTO ERGONÓMICO MANIPULACIÓN ASISTIDA CON MÁQUINA TRIAXIAL MULTIFUNCIÓN</p>
	
<p style="text-align: center;">Fig. Movimiento manual de cargas</p>	<p style="text-align: center;">Fig. Movimiento con control remotizado</p>
	
<p>Fig. Manipulación de cargas con esfuerzos de elevación y giro</p>	<p>Fig. Movimiento asistido de elevación, giro y traslación de la MET</p>
	
<p>Fig. Movimientos con desestabilización y rotación</p>	<p>Fig. La MET asume los esfuerzos, movimientos y giros equiaxiales (en 3 ejes) al mismo tiempo sin lesiones para los trabajadores</p>

Figura 21. Manipulación comparativa MMC con Met y Sin MET

3.6.2.3 Manipulación comparativa de cargas en área de Procesamiento

<p>SIN PROYECTO ERGONÓMICO MANIPULACIÓN MANUAL DE CARGAS</p>	<p>CON PROYECTO ERGONÓMICO "MET" MANIPULACIÓN ASISTIDA CON MÁQUINA TRIAxIAL MULTIFUNCIÓN, "MET"</p>
	
<p>Fig. Se inicia movimiento manual de carga con dos personas</p>	<p>Fig. Se inicia movimiento de levante con joystick</p>
	
<p>Fig. Empuje de carga para posicionarla cerca de tarima de trabajo, levantarla y posarla sobre ella</p>	<p>Fig. Orden con joystick para iniciar levante de carga y posarla sobre BASE 2 (roja) de MET</p>
	
<p>Fig Movimiento de levante con dos personas para posicionar carga sobre mesa de trabajo a 50 cm de altura</p>	<p>Fig. Inicio de levante remotizado de carga sobre mesa de trabajo</p>

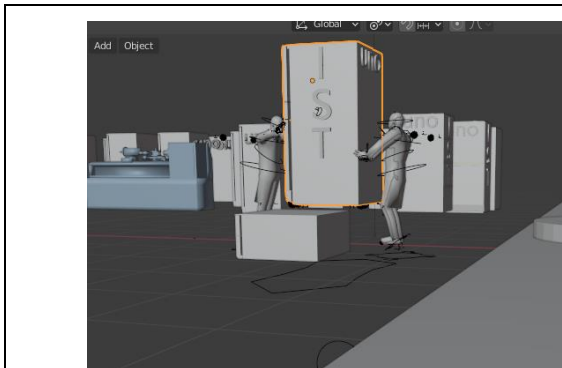


Fig. Manipulación de la carga sobre tarima

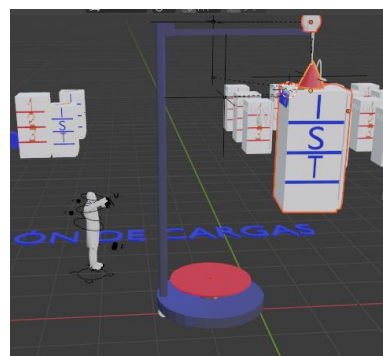


Fig. Carga elevada en forma remotizada

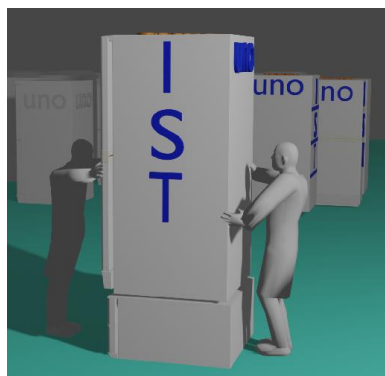


Fig. Carga posicionada sobre tarima fija para facilitar los trabajos a realizar bajo el nivel de la letra T que está posicionada a 50 cm desde el piso en cot del eje Z=0

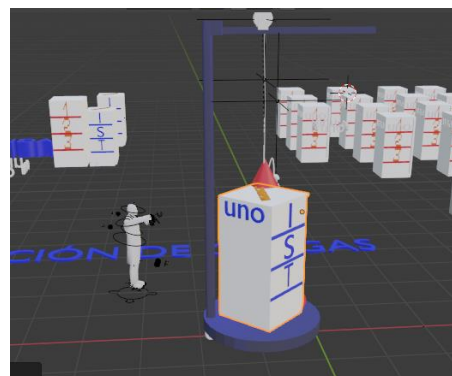


Fig. Carga posicionada sobre Base 2, cuya superficie final está a 45 cm de la cota que tiene la posibilidad de girar en torno de Z=0 con posibilidad de girar alineado con el eje vertical Z



Fig. Trabajos de riesgo ergonómico bajo los 50-60 cm permitidos

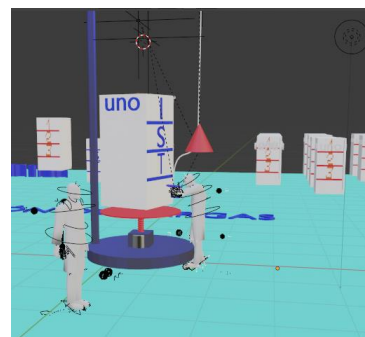
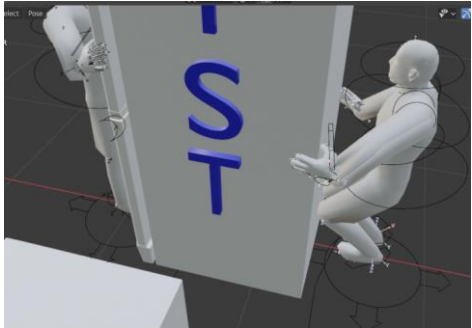
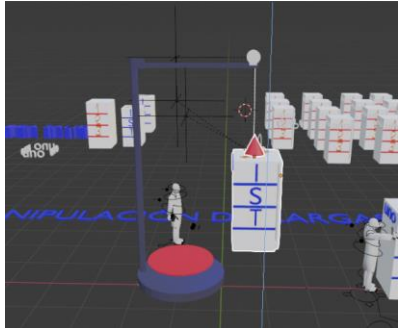
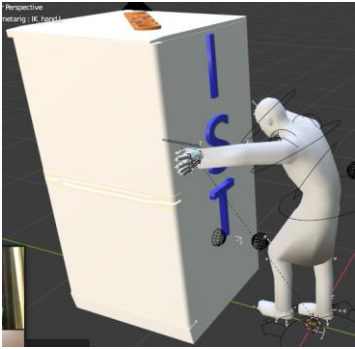
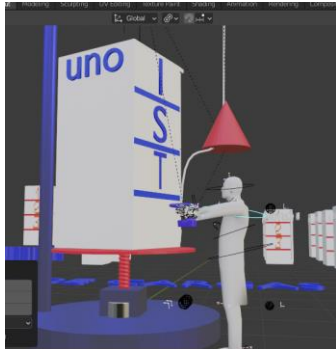
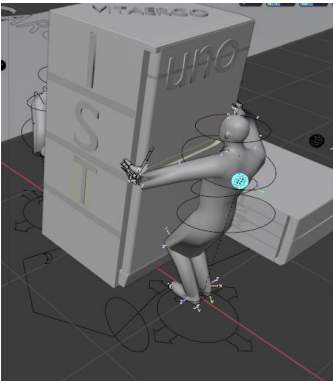
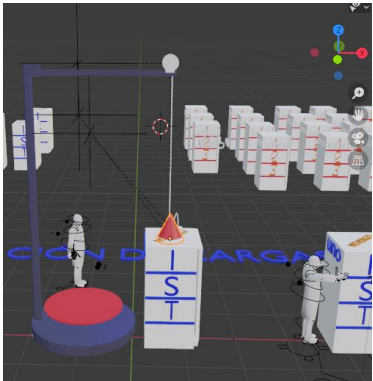


Fig. La MET eleva la carga a la altura más convenientes para que cada trabajador haga su oficio consideran criterio de Ergonomía.

<p>Fig. Perforaciones hechas bajo nivel permitido. La franja azul está a 50 cm de la cota Z=0</p>	<p>Fig. La MET permite usar el empuje del cuerpo en la altura correcta y la herramienta está auto soportada dinámicamente del cono colgante</p>
<p>Fig. El apoyo de la rodilla en el suelo deriva en lesiones a la rótula</p>	<p>Fig. Con la MET se lleva la carga hasta la altura adecuada. Y se gira con el joystick en giro lento autofrenado y con bloqueo con programación lógica y con por sensores</p>
<p>Fig. El trabajador debe levantar la herramienta desde piso para trabajar.</p>	<p>Fig. Con la MET el trabajador toma la herramienta multifunción desde el colgante.</p>

Figura 22. Manipulación comparativa MMC con y sin MET - Procesamiento

3.6.2.4 Manipulación comparativa de Cargas en Áreas de Salida

<p>SIN PROYECTO ERGONÓMICO MANIPULACIÓN MANUAL DE CARGAS</p>	<p>CON PROYECTO ERGONÓMICO MANIPULACIÓN ASISTIDA CON MÁQUINA TRIAxIAL MULTIFUNCIÓN</p>
	
<p>Fig. En el área de Salida se realizan esfuerzos de carguío manual de tipo asimétricos</p>	<p>Fig. Con la MET los esfuerzos son asumidos por control remotizado de movimientos</p>
	
<p>Fig. Se realizan esfuerzos de empuje para posicionar la carga y para empujar sobre grúas horquillas u otros sistemas de transporte de carga.</p>	<p>Fig. Con la MET, la misma MET en la que se hacen los retrabajos y procesamiento sirve para transportar la carga de forma segura aprisionándola con el electromagneto, ventosa u otra herramienta según cargas (Cono rojo)</p>
	

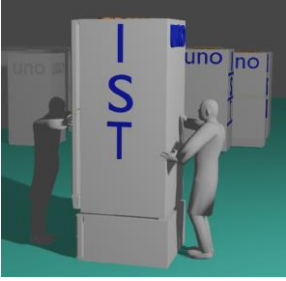
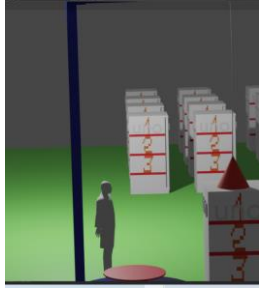
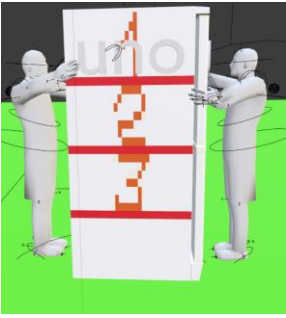
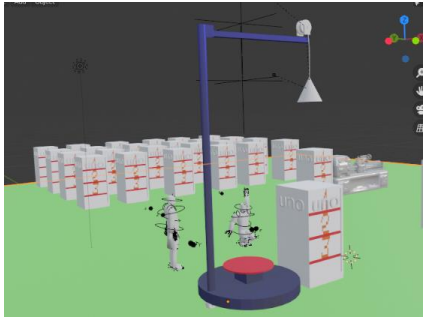
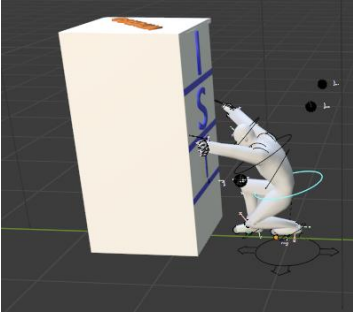
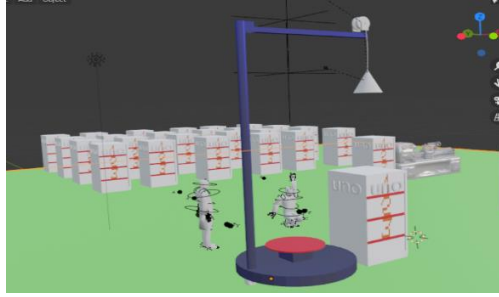
<p>Fig. Se realizan esfuerzos combinados que generalmente derivan en lumbagos o lesiones</p>	<p>Fig. La MET tiene múltiples formas de ser utilizada para evitar esfuerzos en tres ejes.</p>
	
<p>Fig. Ajuste de carga sobre tarima de un carro rodante o deslizante se hace manualmente</p>	<p>Fig La MET saca la carga de las pilas y la auto deposita sobre su BASE A o la carga sobre vehículos de carga.</p>
	
<p>Fig. Movimiento de giro manual para reprocesar en 360° la carga</p>	<p>Fig . Con la BASE 2 (roja) giratoria no se realizan esfuerzos rotatorio</p>
	
<p>Fig. Esfuerzos en empuje y de riesgo de vuelco de la carga con transporte manual</p>	<p>Fig.-En la MET la ventosa o electroimán y/o las garras especiales para cada geometría y material de las piezas no hay riesgo de vuelco y su transporte se realiza sobre con la MET vía electromovilidad.</p>

Figura 23. Manipulación comparativa MMC en Salida Proceso

Para cada una de las situaciones descritas vinculada a Tramo 1 – Logística de Entrada, Tramo 2 Procesamiento y Tramo 3 – Logística de Salida se estructuran los requerimientos de alto nivel. Ver Anexo. (Matriz RAN Tramo 1, 2 y 3)

3.7 Conclusión etapa Conceptualización

El desarrollo de la etapa de conceptualización del proyecto MESA ERGONÓMICA TRIAXIAL MULTIMANIPULACIÓN, MET, permite demostrar la viabilidad técnica de innovar una herramienta de trabajo de electro-movilidad de control remoto con joystick y sensores de seguridad en el núcleo de su innovada rueda esférica motora giroscópica auto-estabilizante, controlada vía PLC y comunicada con tecnologías M2M, para colaborar con los trabajos de logística de una planta tipo, en la que se manipulan cargas de hasta 200 kilos de peso y con un volumen máximo equivalente a 2 metros cúbicos , de 2 metros de alto 1 metro de ancho y 1 metro de largo .

Se demuestra que es posible evitar todos los movimientos manuales y esfuerzos causantes de lesiones musculoesqueléticas al realizar tareas con manipulación manual de carga en alturas muy bajas agachados a menos de 50 cm o muy altas sobre 150 cm. Elimina los esfuerzos de torsión dorso-lumbar y elimina riesgos de lesiones musculoesqueléticas, en cualquier operación de elevación, descenso, transporte o reposicionamiento de una carga, regulando los giros, ascenso y descenso de las plataformas de las BASES 1 Y 2 de la MESA ERGONÓMICA TRIAXIAL, MET. Permitiendo de esta forma dar cumplimiento normativo en las tareas relacionadas y donde se permita la implementación de la MET, procurando cumplir en primer hito de eliminación de la manipulación manual de carga según requerimiento normativo.

4. Determinación de las funciones hombre máquina de la MET

El presente capítulo, describe cómo responder las preguntas: ¿Cómo hacer que la MET cumpla con la matriz de requerimientos de alto nivel, RAN, inserto en el ámbito industrial y en sintonía con los adelantos tecnológicos que han venido siendo desarrollados a nivel mundial ?.

Para cumplir en el ámbito de la seguridad y salud en el trabajo, asociado a la prevención de trastornos musculoesqueléticos y enfermedades profesionales, se realiza un abordaje multidisciplinario de las funciones de la MET, apoyados en la Ergonomía, Biomecánica y Mecatrónica (fusión de mecánica y electrónica).

Basado en la Ingeniería Mecatrónica, se conceptualizan mecanismos correspondiente a los actuadores electro electrónicos de la rueda esférica motora , el sistema de cremallera digital para el levantamiento telescópico del mástil central de altura regulable, el levantamiento y giro electro-electrónico de la mesa rotativa de trabajo superior, los encoder optoelectrónico para el control y regulación de los avances , velocidades y distancia de desplazamiento, los sensores foto-eléctrico y sónicos de distancia y presencia para evitar colisiones con personas y objetos estacionarios y no estacionarios y finalmente los acelerómetros inerciales que permitirán mantener el equilibrio de la MET con cargas de alto centro de masa. También acelerómetros basados en deformímetros, para evitar sobrecarga por encima de los coeficientes de seguridad del proyecto que respaldará el desarrollo tecnológico de la MET. (BOLTON, 2008; SABRI, 2007)

En los capítulos siguientes en el desarrollo de la MET, serán orientados, con mayor profundidad, hacia los factores tecnológicos que viabilizan las funciones impulsoras de los objetivos ergonómicos de: levantar, girar, trasladar y posicionar de forma segura y precisa las cargas o piezas en una unidad de producción tipo, que tiene una Entrada, un Área de Procesamientos o Manipulación de Carga y un área final de Salida y despacho del producto final.

Con el fin de acotar “Las Funciones- Hombre- Máquina” de la MET, representada en la Figura siguiente, se han delimitado los parámetros geométricos y tecnológicos de las familias de piezas de un volumen hasta 2mx1mx1m, de geometría trapezoidal, de caras preferentemente planas y de un peso de hasta 200 kilogramos, que serán transportadas, manipuladas y procesadas de acuerdo a las normas y criterios de Ergonomía Técnicos y Normativos vigentes, estableciendo como criterio la eliminación de la manipulación manual de carga en la operación y atendiendo los factores ergonómicos basados en los nuevos requerimientos del sistema (máquina) conceptualizado.

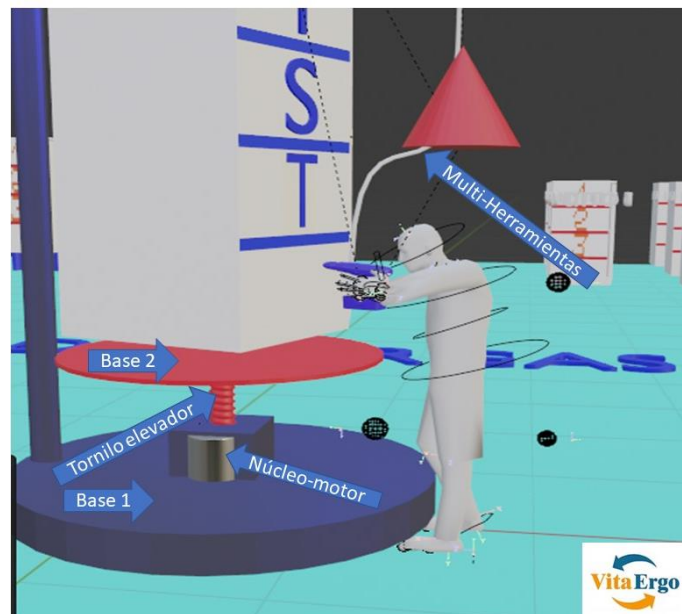


Figura 24. Mesa Ergonómica Triaxial Multimanipulación. MET

La flexibilidad y atributos de los grados de libertad (DOFs) que debe disponer esta MET, aparte de su capacidad de mover la pieza triaxialmente en los ejes “X”, “Y” y “Z”, dependerá del tipo de trabajos que se le encomiende realizar al trabajador sobre la base 1 y sobre la base 2 que están concéntricamente construidas en dos niveles diferentes, para viabilizar una mayor cantidad de intervenciones periféricas en la pieza, de forma ergonómica, es decir evitando factores ergonómicos tales como posturas forzadas, fuerza y manipulaciones manuales de carga, sin exponer al trabajador a factores relacionados a trastornos musculoesqueléticos que pudieran generar lesiones músculo -esqueléticas, como se ya se analizó en capítulo CONCEPTUALIZACIÓN.

4.1 Introducción

Este capítulo describe en forma sistemática y secuencial las funciones relevantes caracterizadas como de mayor riesgo de “lesiones músculo-esqueléticas” que deben cumplir los trabajadores o las trabajadoras y la reducción de estos riesgos usando la MET, en cada una de las fases ya determinadas en las matrices de Requerimiento de Alto Nivel, RAN (Ver Anexo RAN Tramos 1,2 y 3 correspondiente al capítulo de conceptualización)

Las FUNCIONES HOMBRE-MÁQUINA entre el trabajador y la MET buscan la eliminación del sobreesfuerzo derivado de la exposición a factores de riesgos de manipulación manual de carga en tareas de logística o similares. En estas tareas, con la MET, se deben suprimir fundamentalmente las manipulaciones de cargas sobre 20 Y 25 Kg y todos los trabajos ejecutados en alturas críticas, sobre 155 cm (sobre la altura de hombro) o bajo los 60 cm medidos desde el suelo hasta la zona de manipulación. A su vez se debe eliminar las operaciones con manipulaciones manuales de carga con los brazos extendidos, que superen una distancia horizontal de 63 cm considerando punto medio de los tobillos y punto medio de agarre en la carga. Además, dada la alta presencia de mujeres se recomienda que el límite de peso de manipulación no debe superar un máximo de 20 Kilogramos en todas las operaciones de logística.

En esta fase del proyecto: MESA ERGONÓMICA TRIAXIAL MULTIMANIPULACIÓN se explicará la forma en que actuarán sus mecanismos y partes electro electrónicas y mecánicas , para conseguir los objetivos señalados en el párrafo anterior, de tal forma que se configure desde ya un PROTOCOLO DE USO DE LA MET, basado en el conocimiento del sistema y sus elementos componentes, de tal suerte que no sea una caja negra para los trabajadores (as) al determinar las funciones de elevación, descenso o posicionamiento de las piezas centrales, objetos de movimientos y desplazamiento mediante control a distancia con joystick.

Para desarrollar este capítulo se considera la columna Nr 2 de la Estructura de Desglose de Trabajo, EDT, presentada en sección CONCEPTUALIZACIÓN.

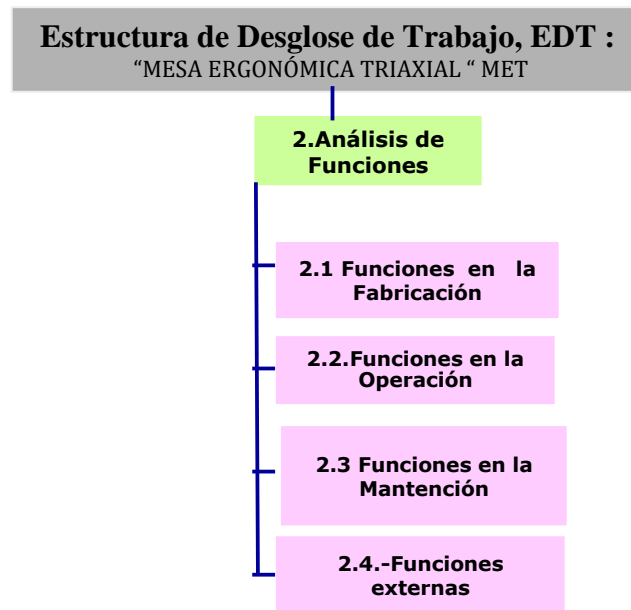


Figura 25. Estructura de Desglose (EDT) Análisis de Funciones

Se tiene en cuenta que durante el proceso de identificación de las funciones de la MET en la fabricación, operación, reprocesamiento y tareas anexas junto a la “manipulación de la carga”, en el contexto “Sistema Hombre- Máquina -Medio- Ambiente,” el hombre siempre debe ser considerado como el sujeto principal de la oración tecnológica, destinada al aumento de la productividad, velando siempre porque su trabajo se realice bajo condiciones de seguridad y de ergonomía que eviten accidentes, lesiones músculo esquelética, estrés y/o fatiga (BZHWEIN, 2019; OIT, 2020)

4.2 Función Hombre-Máquina-Entorno de la MET – Análisis Socio Técnico

La Mesa Ergonómica Triaxial de Multimanipulación, (MET) se desarrolla conceptualmente con el propósito de insertar su actuación para incidir en las funciones del Sistema Hombre-Máquina-Medio Ambiente, como lo describe la representación del Diagrama de Ishikawa (Diagrama de Espina) de Oliva E. 2007, descrito por también por Cerda, Córdova y Rodríguez en la Guía de Trabajo Pesado y por Wilson en 2005 en el texto Evaluation Of Human Work para identificar factores Ergonómicos que afectan la productividad.(CÓRDOVA; CERDA; RODRÍGUEZ, 2010; OLIVA, 2007; WILSON; CORLETT, 2005)

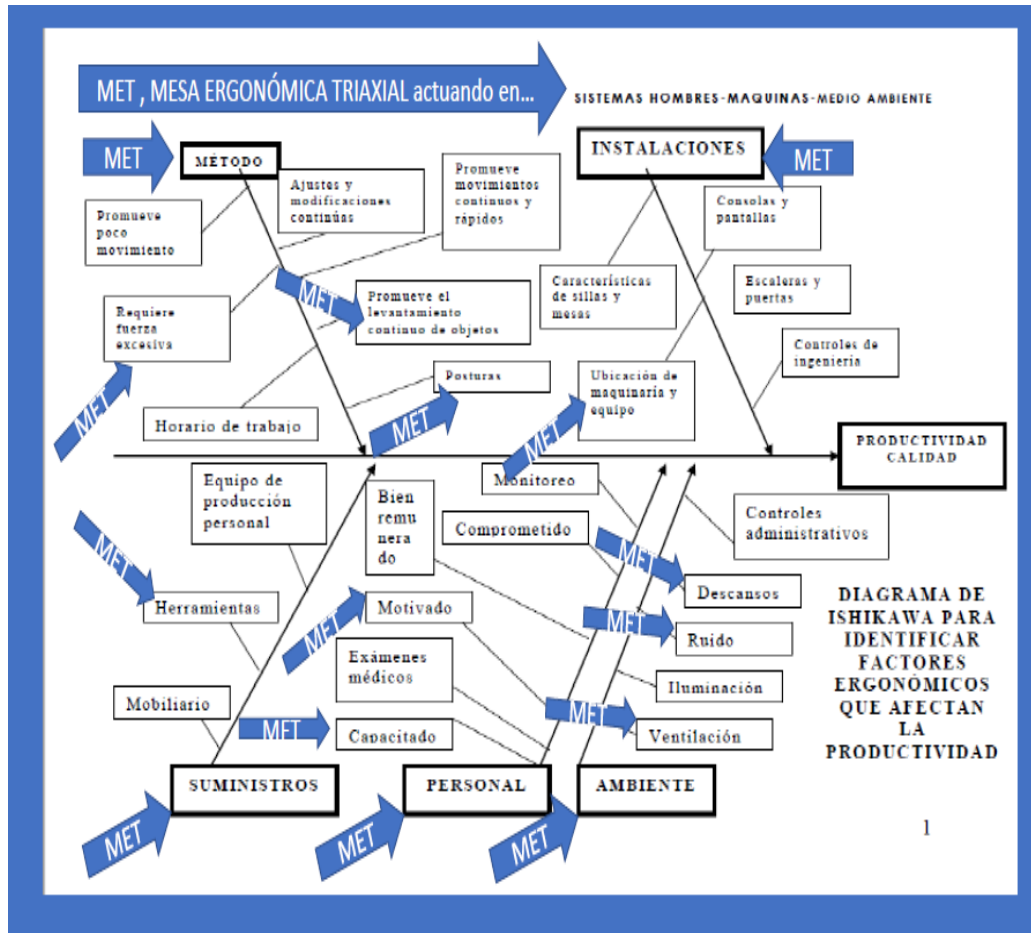


Figura 26. Función del "Sistema Hombre- Máquina- Medio -Ambiente" . Diagrama de Ishikawa

Seguendo las teorías de análisis sistémicos descritos en Ergonomía se procede a realizar Análisis SocioTécnico de la Conceptualización de la MET. En este se realiza análisis desde una perspectiva sistémica donde se describen los requerimientos asociados al Sistema Técnico, entendiéndose por este análisis de aspectos funcionales e ingenieriles del desarrollo conceptual de la MET requeridos hacia la máquina para la configuración de la MET. Desde la perspectiva del análisis socio se analizan los requerimientos hacia las personas que utilizarán la MET, considerando las capacidades físicas, cognitivas y conductuales para la operación de la MET(WILSON, 2014; WILSON; CORLETT, 2005)

4.2.1 Sistema Técnico

4.2.1.1 Funciones de fuerza

Para elevar y depositar cargas hasta 200 Kilogramos o manipular las cargas o piezas en procesamiento, la MET debe intervenir accionada por el trabajador (a) vía control remotizado de Joystick para que, de acuerdo a los parámetros tecnológicos y geométricos de la carga a procesar, esta pueda manipularse (por la MET) con seguridad y precisión.

Esto quiere decir que si existe la necesidad que la MET levante una carga de peso máximo 200 kilos para apilarla y ordenarla sobre otra pieza del mismo peso y geometría de las mismas características y luego transportarla hacia otro punto de procesamiento o almacenaje (ver figura continuación). Entonces esta función Hombre- Máquina (MET) / Carga en producción debe cumplirse bajo determinados protocolos certificados por los organismos de seguridad del trabajo, con los respaldos de ingeniería del caso y de acuerdo a las normas ASTM e ISO, entre otras, de acuerdo a los que se describe en el apartado correspondiente.

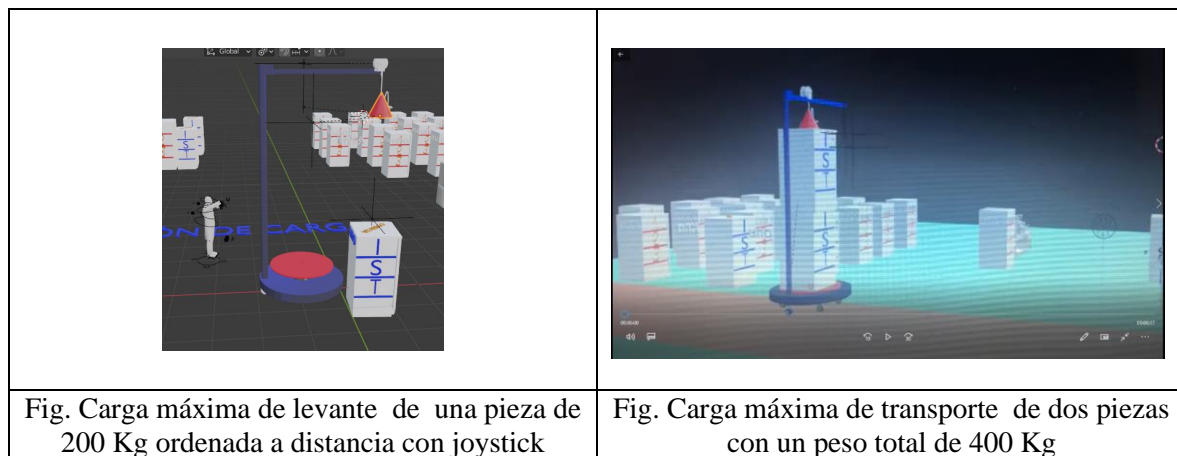


Figura 27. Funciones de fuerza

4.2.1.2 Funciones de Movimiento Continuo de Carga

Con las facilidades motoras y flexibilidad de control balanceados de la “rueda esférica motora” provisto de step motor, tanto en dirección como en estabilidad dinámica, la MET puede ser utilizada en el movimiento continuo de cargas de forma frontal (ver figuras a continuación). Para racionalizar tiempos en trayectorias y posicionamientos en las tareas logísticas de transporte, manipulación y almacenaje las cargas o piezas en producción.

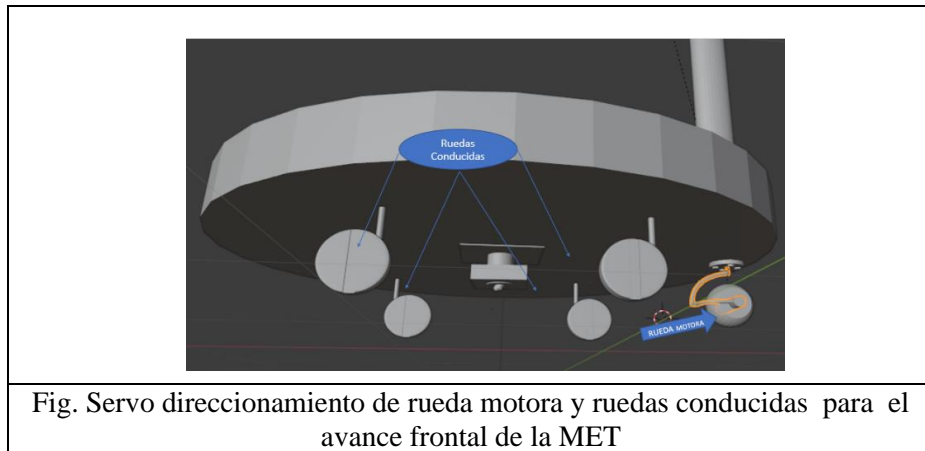


Figura 28. Servo direccionamiento de rueda motora y ruedas conducidas para el avance frontal MET

La rueda esférica motora permite recibir órdenes de comando para el movimiento discreto desde un Joystick según sea la posición que el operador desea realizar con la MET, tanto para realizar operaciones de giro entorno de su perímetro para facilitar el trabajo de los operadores, cuando hay una carga ya colocada sobre la base 2 giratoria o para desplazar la máquina en su conjunto hacia las coordenadas X e Y de forma linear o con interpolaciones entre ambos ejes.

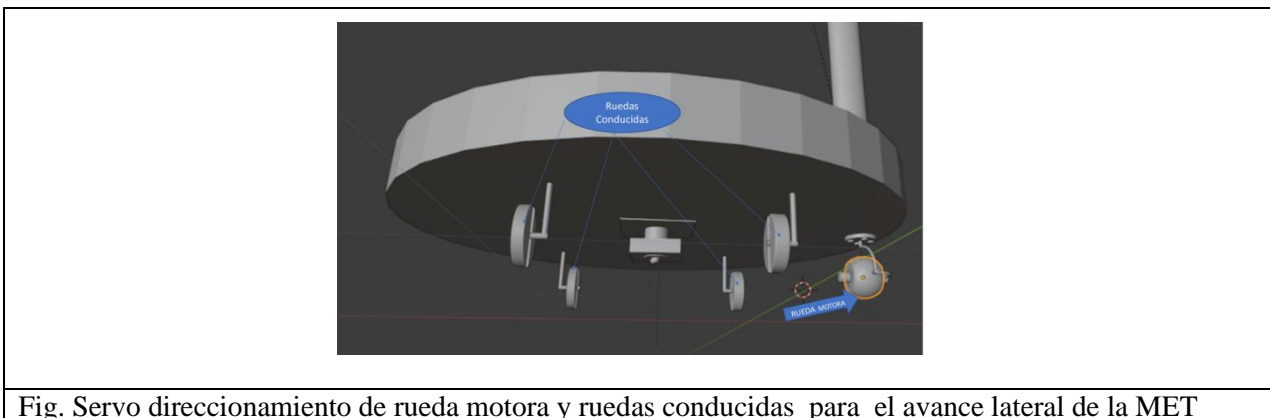


Figura 29. Rueda motora y ruedas conducidas – Función de Movimiento

La rueda motora esférica dispondrá de un encoders óptico, de tipo incremental o absoluto (de acuerdo al nivel de automatización solicitado por los stakeholders) de tipo digital o analógico, (ver figuras a continuación). Para guiar o controlar respectivamente los desplazamientos angulares de su motor entorno de su eje central y enviar una señal de su ubicación dentro de la planta . En un encoder óptico, una fuente emite luz directamente o a través de un disco óptico rallado para que la luz pase través o quede bloqueada y genera la señal eléctrica correspondiente a la magnitud de su desplazamiento.

Con lo anterior, se hace posible dar instrucciones bien precisas para avanzar una cantidad de metros, centímetros o milímetros que son interpretados como una cantidad de giros o fracciones de giros equivalente a las distancias deseadas para alcanzar una posición determinada. Esto siempre y cuando se haya tomado la precaución de observar si hay vía libre para evitar colisiones. Todos estos dispositivos serán mostrados en las fases posteriores de este proyecto cuando sea abordada la ingeniería mecatrónica de detalles, una vez terminado el presente proyecto destinado a la conceptualización de la MET.(BOLTON, 2008; SABRI, 2007)

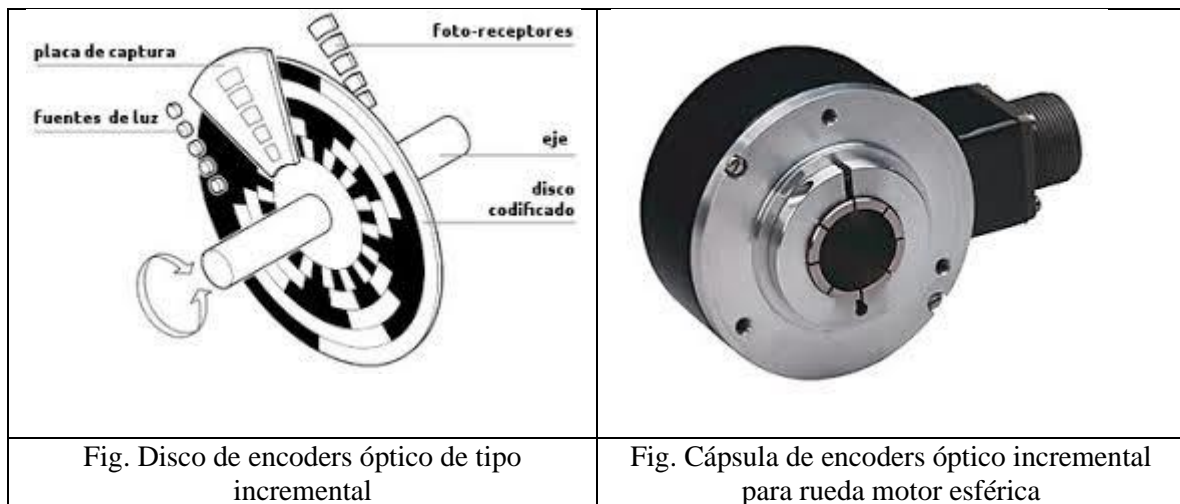


Figura 30. Encoders – Función de movimiento

4.2.1.3 Función de Ajustes de Planos de Trabajo

Este cumplimiento de función en los Métodos de Trabajo durante los procesos productivos es relevante para prevenir patologías musculoesqueléticas, principalmente por el control de las variables de alturas de manipulación y delta de desplazamiento en las tareas con Manipulación manual de Carga.

En la siguiente figura se describen posturas forzadas en diferentes segmentos del cuerpo a nivel de columna, extremidad superior y extremidad inferior que pueden estar expuestas a exigencia elevadas de trabajo y en consecuencia ocasionar un sobreesfuerzo con efectos negativos para su salud con directas consecuencias sobre la productividad y la calidad del trabajo realizado.

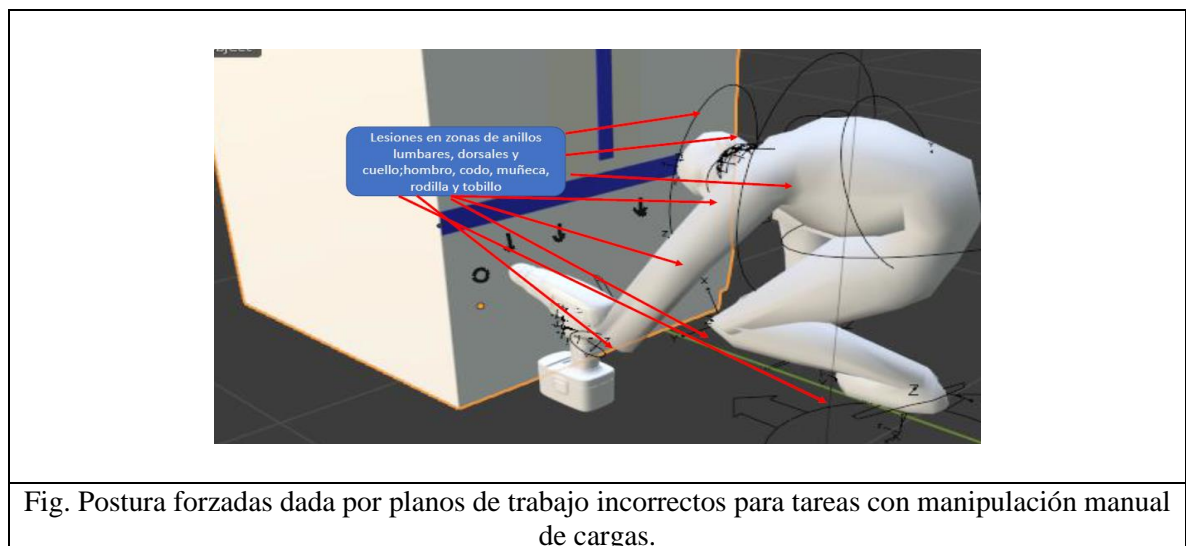


Figura 31. Alturas de planos de trabajo – Función de ajuste de altura

Las posturas forzadas ocasionadas por planos de trabajo inadecuados para tareas con manipulación manual de carga serán suprimidas con el uso adecuado de la MET, para que el trabajador pueda realizar sus tareas simultáneas de forma colaborativa y con posturas en rangos de seguridad, dependiendo de la complejidad del trabajo, la MET puede ser operadora en forma individual como se aprecia en la siguiente figura.

Aplicando el control del tornillo elevador de la pieza se alcanza la altura adecuada y debidamente regulada para cada estatura del trabajador o trabajadora actuante, en su relación trabajador- máquina- pieza en fabricación. Esa altura se obtiene tomando la pieza a trabajar con el gripper, ventosa o electroimán seleccionado según el peso y material de la carga a levantar y colocarla sobre la plataforma que será elevada por acción del

tornillo de levante, accionado por un núcleo motor de giro regulado por la acción de un comando controlador electro electrónico tipo Joystick.

La intervención de la MET, operada adecuadamente por los trabajadores, permite conceptualmente además tener un set de herramientas intercambiables suspendidas del eje del cono portador de múltiples herramientas intercambiables, según sea la secuencia de procesamiento de la carga, junto a la herramienta principal de sujeción de las cargas trapezoidales que se han colocado sobre la mesa.

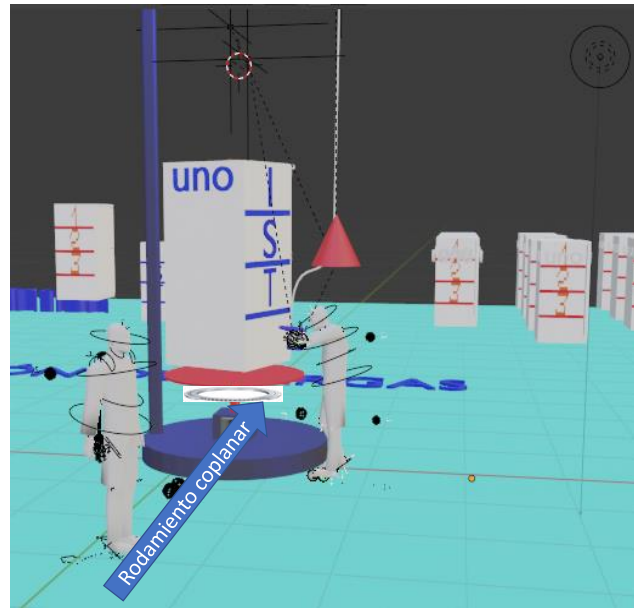


Figura 32. Trabajo con carga girada con joystick y/o con rodamiento plano y coplanar con mesa de giro.

La mesa o base 2 también conceptualmente puede girar y fijarse en una posición adecuada al trabajo que se deba realizar. Este giro se realiza por el mismo tornillo que tiene la doble función de elevar la mesa linealmente y luego detener su ascenso para conectar el gripper que tomará el giro del husillo giratorio.

Los giros se pueden hacer en forma conceptual de forma manual con leves fuerzas de giro dado que la mesa estará opcionalmente montada sobre un rodamiento planar de esferas recirculantes (ball-screw) de una resistencia al roce que tiende a cero, como será presentado en la etapa de ingeniería de detalles en las siguientes fases no incluida en este proyecto de conceptualización.

4.2.1.4 Funciones de Guía y Control Remotizado

El desarrollo de la MET, como se observa en las figuras a continuación, considera conceptualmente el requerimiento ergonómico de la aplicación de sistemas de control Inalámbrico vía Joystick para guiar a distancia los desplazamientos de la mesa al interior de la unidad de producción y controlar los ajustes de planos de trabajo en base a movimiento de la MET.

También proyecta en su concepción el control de los movimientos telescópicos del mástil principal, para llegar hasta las alturas requeridas con entre 2,5 a 5 metros a 5 metros. Se conceptualiza el movimiento del polín situado en la viga horizontal superior para desplazar el cono (rojo) de sujeción con la carga en suspensión en sus movimientos de subida, bajada u horizontal de la carga en el posicionamiento local dentro del área de trabajo circundante determinado por el largo de la viga horizontal

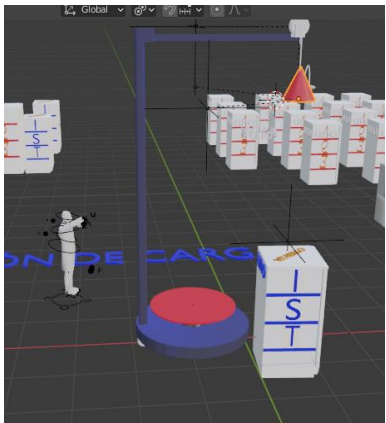

	
<p>Fig. Control de la MET, vía Joystick para avance, retroceso y giro de la MET, más avance y giro del polín para subida , bajada y desplazamiento de cono de sujeción con la pieza o carga</p>	<p>Fig. Joystick tipo para giro y levante de la mesa de trabajo. de la MET</p>

Figura 33. Control remotizado tipo Joystick

Esta incorporación de las tecnologías de transición con miras en proyectos futuros la implantación de los Automatic Guides Vehicles, AGVs, viabilizará, e incentivará la capacitación del personal para la utilización de las máquinas “Ergonómicas de logística”, que ya se están utilizando en los países desarrollados con elementos de control. Ver descripción de elementos de control en (Anexo Elementos de Control)

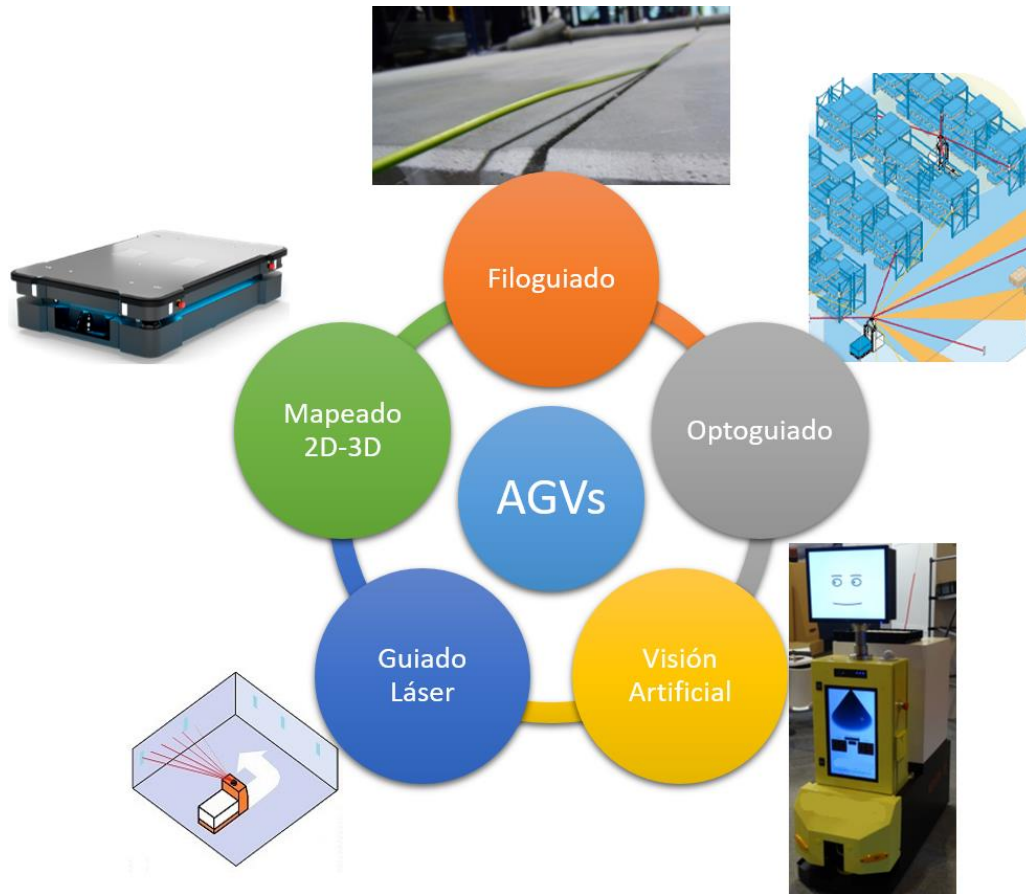


Figura 34. Automatics Guide Vehicle - Futuro de Desplazamiento en logística de tecnologías colaborativas

4.2.1.5 Función suministro de herramientas

Sobre la MET se conceptualiza la disposición de multiherramientas portátiles accionadas con baterías realimentadas por baterías de alto rendimiento derivado de la electro-movilidad. En el CONO de portaherramientas se pueden alojar elementos de diferentes características de agarre o sujeción para levantar las cargas trapezoidales. Junto a lo anterior, se conceptualiza junto al Cono la disposición de compartimiento de herramienta multifunción para cumplir diferentes funciones asociadas a las tareas ejecutadas en procesos de trabajo asociado a reprocesamiento de productos y cargas. Ver ejemplo de herramientas en Anexo (Suministro de Herramientas).

4.2.1.6 Función de reemplazo a tecnologías sostenibles

La Mesa Ergonómica Triaxial, conceptualizada para realizar determinadas operaciones de logística asociadas a manipulaciones manual de carga es una transición obligada hacia los vehículos autónomos AGVs (Automatical Guide Vehicles). Su conceptualización se orienta a reemplazar otras tecnologías actuales tales como grúa horquillas u otras maquinarias de grandes dimensiones, las cuáles son fuente de contaminación ambiental dado por gases y ruido durante su operación y focos importantes de accidentes.

La implementación de la MET conceptualizada, proyecta disminuir la exposición de trabajadores a factores ambientales tales como ruido y gases. Se conceptualiza la eliminación de ruidos, sin generación de gases y contribuyendo al ahorro del esfuerzo físico de los trabajadores .



Fig. Grúa horquilla autónoma



Fig. Vehículo autónomo para transportar cargas

Figura 35. Comparativo máquinas de transporte

4.2.2 Sistema Socio

La incorporación de la MET al proceso productivo debe ser precedida de una metodología de inducción que considere en primer lugar las ventajas de tener una máquina de estas características, centrándose en la reducción de lesiones, accidente, fatiga, estrés e incertezas en el área de trabajo, al no conocerse la tecnología, su objetivo y el dominio de la misma.

Por estas razones se entiende que la priorización se oriente a dos factores en este ámbito laboral que son LA CAPACITACIÓN y la MOTIVACIÓN DEL PERSONAL, siendo este último factor la ignición del interés por incorporar nuevas tecnologías y luego despertar el interés en capacitarse, aprender, informarse y ser actor de ideas ayudando a transformar su conocimiento de la producción en valor, haciendo suya las innovaciones necesarias y jugando un rol importante como uno de los stakeholders centrales de la MET.

Las acciones de CAPACITACIÓN del personal que utilice la tecnología MET deben partir de los desarrolladores de las ideas, ingeniería conceptual, fabricación y/o empaquetamiento tecnológico de esta tecnología, de forma didáctica para cada nivel de participantes y usuarios.

La estrategia de capacitación debería seguir los pasos siguientes:

- Programa concreto y manejo efectivo del tiempo con inducción previa al objetivo MET.
- Debe contar con un programa estructurado, con temas y tiempos definidos para cada fase y objetivo de aplicación de la MET.
- Identificación de las necesidades de cada grupo de trabajo.
- El objetivo de cada grupo en la capacitación puede ser una materia técnica o rol de liderazgo .
- Así, cada grupo tendrá una retribución a su esfuerzo con profesionales más capaces y alineados con los objetivos de ergonomía, de seguridad y de aumento de la productividad de la empresa.
- Se debe establecer metas e incentivos con instrumentos de medición en Innovación, producción y trabajo en equipo.
- El programa de capacitación debe funcionar como un indicador de eficiencia con un adecuado registro de instrumentos de medición de las ideas, la creatividad y el dinamismo en el cumplimiento de objetivos, como encuestas, pruebas o actividades que permitan saber si las metas establecidas se han cumplido adecuadamente con la opinión de los participantes sobre el proceso, de acuerdo a la EDT , Estructura de Desglose del Trabajo de Capacitación descrito en la Figura a continuación.

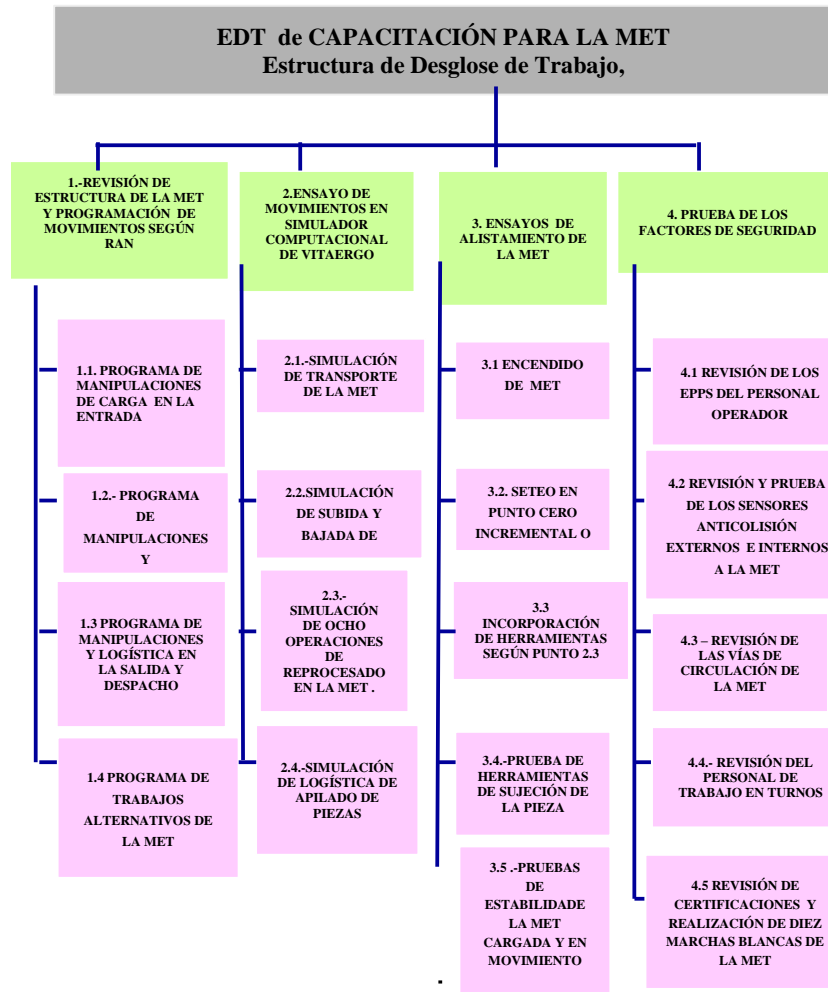


Figura 36. Estructura de Desglose de Trabajo de la Capacitación en la Operación de la MET.

Un cambio fundamental para la empresa que pretende innovar consiste en colocar las competencias claves a liderar el proceso de incorporación de una nueva tecnología, como la Mesa Ergonómica Triaxial de Mutimanipulación, MET.

4.3 Resumen Función Hombre- Máquina (MET)

Después de ser analizados los requerimientos de Alto Nivel a cumplir por la MET, se han decantado siete de las FUNCIONES HOMBRE -MÁQUINA MÁS IMPORTANTE de la MET.

1. **Función Hombre - Máquina 1:** Suprimir la operación de elevación de cargas sobre 20 o 25 Kg. sobre un carro o mesa de trabajo. Con la MET se toma la pieza con una garra, ventosa o electroimán para colocarla sobre la mesa de trabajo MET
2. **Función Hombre - Máquina 2:** Suprimir el esfuerzo de descender cargas a nivel de piso de trabajo. La MET dispone del mismo sistema de elevación para hacer descender la carga.
3. **Función Hombre - Máquina 3:** Suprimir el trabajo de agacharse para realizar trabajos de procesamiento bajo 60 cm de altura medidos desde el suelo. La MET accionando mecanismos de tornillos trapezoidales, de esferas recirculantes y/o tornillos mecánicos periscópicos para colocarlo a la altura de trabajo en zona de seguridad según tipo de tarea a realizar de precisión, de fuerza o tareas mixtas.
4. **Función – Hombre Máquina 4:** Suprimir sobreesfuerzo sobre el nivel de hombros. Descendiendo cargas a la zona de seguridad de trabajo ya sea este de fuerza, precisión o mixto.
5. **Función – Hombre Máquina 5:** Suprimir los sobreesfuerzos por rotación e inclinación a nivel de columna. LA MET permite realizar ajustes en el eje vertical y a en el transversal, subiendo y rotando la MET.
6. **Función – Hombre Máquina 6:** Suprimir el esfuerzo de girar piezas. La MET dispone de giro en su mesa.
7. **Función – Hombre Máquina 7:** Suprimir sobreesfuerzos isométricos e isotónicos para traslado de cargas a siguientes fases del proceso. La MET puede disponer sobre su propia base o de otras MET u otra ayuda técnica para realizar el transporte de carga.

4.4 Función Hombre – Máquina / Criterios de Ergonomía, Seguridad y Salud

El futuro desarrollo de la Mesa Ergonómica Triaxial se construye conceptualmente bajo los principios Ergonomía, Ingeniería Mecatrónica, Seguridad y Salud, considerando criterios a nivel nacional e internacional para la fabricación de máquinas para el sector industrial . En este contexto, se considera como referencia la Guía para la aplicación de la Directiva 2006/42/CE relativa a las máquinas – 2° Edición – Junio 2010 (INDUSTRIA, 2010)

El objetivo es armonizar los requisitos de salud y seguridad que se aplican a las máquinas sobre la base de un nivel elevado de protección de la salud y de la seguridad. En este contexto, la MET considera en su desarrollo conceptual elementos que abordan los siguientes requisitos esenciales de seguridad y de salud relativos al diseño y la fabricación posterior de la máquina:

- Principios de integración de la seguridad
- Sistemas de mando
- Medidas de protección contra peligros mecánicos
- Características que deben reunir los resguardos y dispositivos de protección
- Riesgos debido a otros peligros
- Mantenimiento
- Información para el usuario
- Requisitos esenciales complementarios de seguridad y de la salud
- Requisitos esenciales complementarios de seguridad y de salud para neutralizar peligros debido a la movilidad de máquinas
- Requisitos esenciales complementarios de seguridad y salud para neutralizar peligros derivados de operaciones de elevación.
- Criterios de Ergonomía, Máquinas y Componentes.

A continuación, se describe el modelo conceptual de diseño de MET:

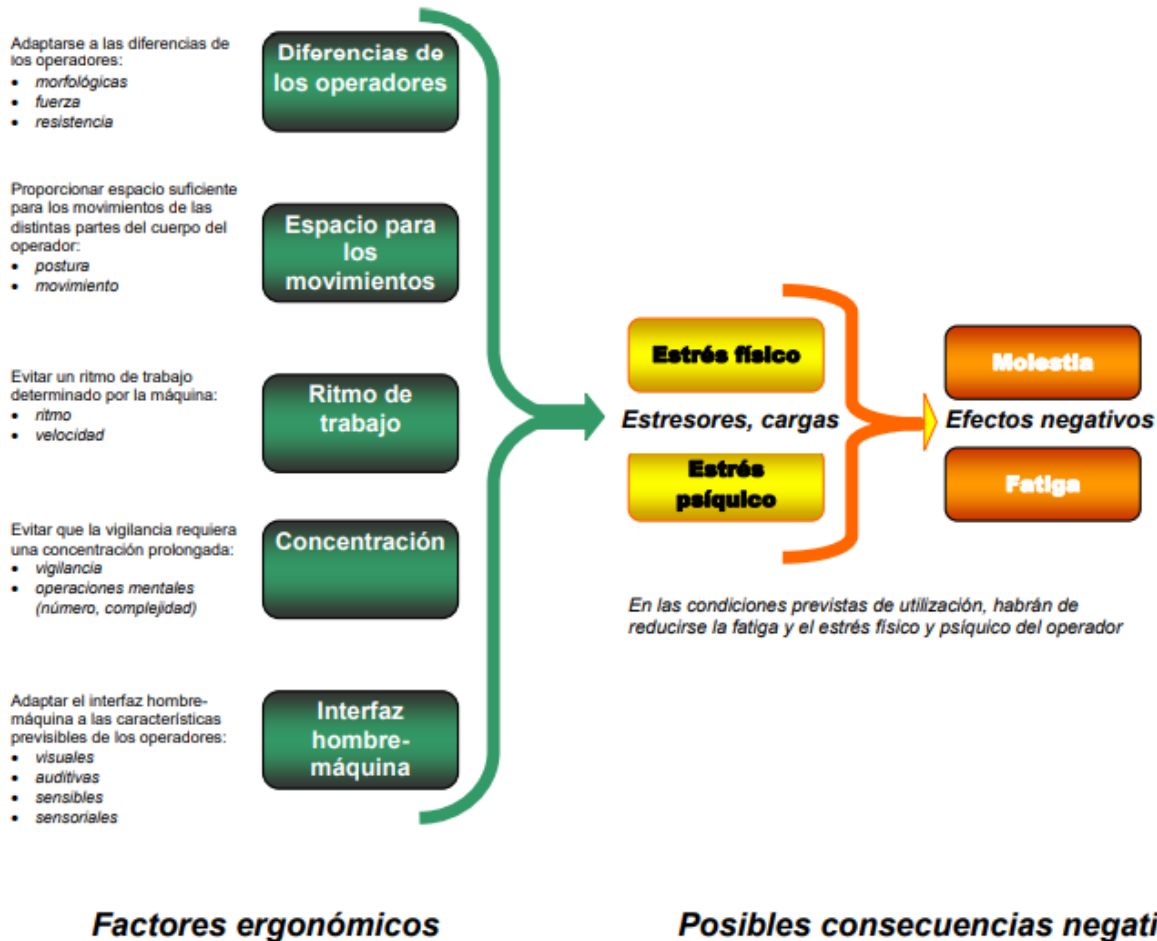


Figura 37. Conceptualización de diseño de la MET

Criterios normativos de revisión desarrollo conceptual considerando aspectos :

- EN ISO 14121 – 1: 2007 – Seguridad de las máquinas. Evaluación de riesgos – Parte 1: Principios (ISO 14121-1 2007). Revisión ISO 12100:2010.
- EN 1005-2: 2003 + A1: 2008 – seguridad de las máquinas. Comportamiento físico del ser humano – Parte Manejo de las máquinas y de sus partes componentes.
- EN 1005 – 4:2005+A1:2008 – Seguridad de las máquinas. Comportamiento físico del ser humano – Parte 4: Evaluación de las posturas y movimientos de trabajo en relación con las máquinas.

- EN ISO 13849-1:2008 – Seguridad de las máquinas. Parte de los sistemas de mando relativas a la seguridad – Parte 1: Principios generales para el diseño (ISO 13849-1:2006)
- EN 62061:2005 – Seguridad de las máquinas. Seguridad funcional de sistemas de mando eléctricos, electrónicos y programables (IEC 62061:2005)
- EN 894-1:1997+A1:2008 – Seguridad de las máquinas. Requisitos ergonómicos para el diseño de dispositivos de información y mandos – Parte 1: Principios generales de la interacción entre el hombre y los dispositivos de información y mandos.
- EN 894-1:1997+A1:2008 – Seguridad de las máquinas. Requisitos ergonómicos para el diseño de dispositivos de información y mandos – Parte 1: Principios generales de la interacción entre el hombre y los dispositivos de información y mandos;
- EN 894-2:1997+A1:2008 – Seguridad de las máquinas. Requisitos ergonómicos para el diseño de dispositivos de información y mandos – Parte 2: Dispositivos de información;
- EN 894-3:2000+A1:2008 – Seguridad de las máquinas. Requisitos ergonómicos para el diseño de dispositivos de información y mandos – Parte 3: Mandos.
- EN 61310-1:2008 – Seguridad de las máquinas. Indicación, marcado y maniobra. – Parte 1: Especificaciones para las señales visuales, audibles y táctiles (IEC 61310-1:2007)
- EN 61310-2:2008 – Seguridad de las máquinas. Indicación, marcado y maniobra. – Parte 2: Requisitos para el marcado (IEC 61310-2:2007); EN 61310-3:2008 – Seguridad de las máquinas. Indicación, marcado y maniobra – Parte 3: Requisitos para la ubicación y el funcionamiento de los órganos de accionamiento (IEC 61310-3:2007).
- EN 981:1996+A1:2008 – Seguridad de las máquinas. Sistemas de señales de peligro y de información auditivas y visuales.
- EN ISO 12100-2:2003+A1:2009 – Seguridad de las máquinas. Conceptos básicos, principios generales para el diseño – Parte 2: Principios técnicos (ISO 12100-2:2003)
- 3 EN ISO 13850:2008 – Seguridad de las máquinas. Parada de emergencia. Principios para el diseño (ISO 13850:2006).

Estas normas se orientan a no descuidar aspectos esenciales en el diseño que pueda afectar físicamente al trabajador durante sus acciones de operación de la MET. Entre los 5 aspectos que deben estar considerados:

1. Diseño considerando el comportamiento mecánico del cuerpo humano, con la adaptación de la MET a las diferentes alturas del trabajador;
2. Diseño de dispositivos de Información y mandos, con los joysticks o remotos que aseguren la no interferencia hombre-máquina;
3. Interacción con el ambiente físico del trabajo, sin afectar a otros trabajadores o máquinas;
4. Interacciones en proceso de trabajo, acordado previamente a través de la RAN determinada para el procesamiento de cada carga.
5. Interacciones entre el diseño de las máquinas y las tareas de trabajo, sin interferencia de funciones y con la flexibilidad de colaborar eventualmente con otras áreas de trabajo.

En el análisis de la ingeniería de detalle en etapas futuras, se tomará en consideración entre otros la verificación ergonómica de la MET, aplicando los criterios indicados precedentemente. En este análisis se debe tener presente de los límites de la máquina: espaciales, temporales, de uso, la identificación sistemática de las situaciones peligrosas en las diferentes fases y modos de funcionamiento de la MET: montaje, utilización, mantenimiento, mala utilización; reducción de los riesgos mediante prevención intrínseca, evitando aristas cortantes, ángulos agudos, partes salientes o manteniendo las fuerzas de accionamiento en niveles bajos o reduciendo la inercia (masa) e inestabilidad de los elementos móviles; evitando ruido y vibraciones, utilizando acciones mecatrónicas de desplazamiento definido, utilizando bajas tensiones y protecciones eléctricas adecuadas, propias de la electro-movilidad de bajo voltaje.

Observando las características específicas del ambiente específico de trabajo de la MET y además prever los factores estocásticos que no pueden ser evitados con información inteligente y advertencia de los riesgos tales como el desvanecimiento de las personas por fatiga u otras razones para que no sea arrollado por la máquina, para lo cual se deberán internalizar sistemas de seguridad, ya desarrollados que detienen la máquina de forma segura leyendo y censando la posición corporal o de las personas que la operan o bien aplicando los sensores de aproximación detallados para cada caso. Que consideren además un diagrama lógico de decisiones para permitir una combinación de acciones lógicas finales como la representada en la siguiente figura, aplicados ahora a cumplir los 7 Requisitos de Alto NIVEL, RAN de la MET como base de las programaciones de los Controladores Lógico Programables, CLP o argumento secuencial para emitir las órdenes discretas a través de un simple joystick con las tareas de : Posicionar la Mesa Ergonómica (0) en un determinado punto, Levantar

pieza(1), Bajar pieza(2), Girar pieza (3) , Inclinar pieza(4), Bajar herramientas (5) , Embalar pieza (6) , Transportar las piezas apilándolas ordenadamente en bodega de salida (7), con órdenes de trabajo preestablecidas , asistido con sensores y limitadores de curso que impiden los sobreesfuerzos y lesiones de los trabajadores o de alguna persona u objeto del entorno.

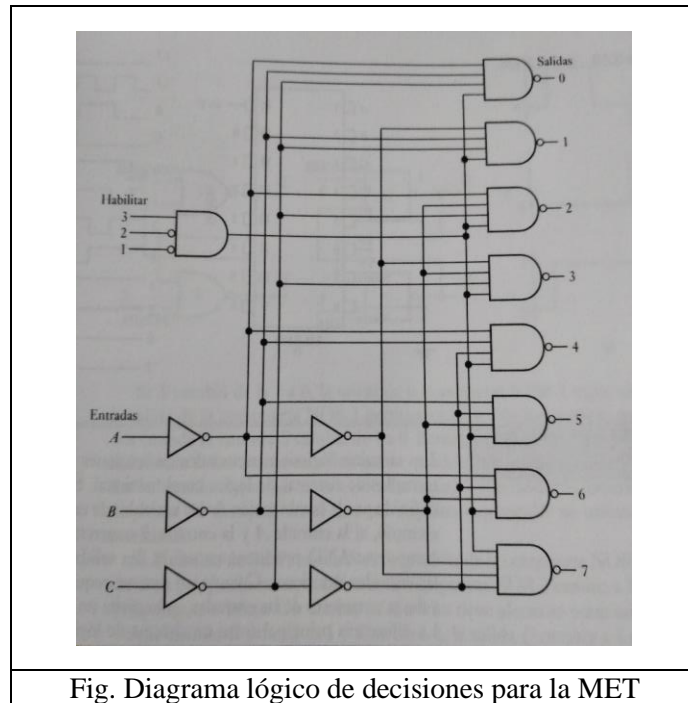


Fig. Diagrama lógico de decisiones para la MET

Figura 38. Diagrama lógico de decisiones de la MET

4.5 Conclusión - Funciones Hombre – Máquina y Análisis Socio Técnico

En este capítulo, se ha hecho un análisis de las FUNCIONES HOMBRE-MÁQUINA desde los puntos de vista ergonómico, biomecánico y desde la ingeniería mecatrónica regidos por los Requerimientos de alto Nivel esperados por los stakeholders del proyecto MET y en convergencia con las tecnologías habilitantes que harán posible el cumplimiento de las normas de ergonomía, centrados en evitar los esfuerzos de los trabajadores y trabajadoras, con la aplicación de tecnologías de transición semi- automatizada , sin perder de vista la necesidad de parametrizar los desarrollos desde el punto de vista tecnológico y geométrico que viabilicen la evolución hacia niveles más avanzados de la automatización.

En este análisis se ha descrito las características técnicas y socios proyectadas a la innovación MET, estableciendo conceptualmente las variables relevantes a ser consideradas en las etapas de definición y prototipado a desarrollarse en etapas posteriores.

5. Diseño y Simulación Computacional

5.1 Diseño, Tecnologías y Simulación de la Innovación – La Idea

La idea de la MET:

Conceptualizar una innovación tecnológica de un manipulador móvil remotizado multipropósito destinada al sector industria en el área de logística para prevenir factor de riesgo de manipulación manual de carga y transporte de cargas

Aspectos claves

- El Manipulador Ergonómico Triaxial (MET) debe eliminar el sobreesfuerzo derivado de la exposición al factor de riesgo de manipulación manual de carga (MMC) en tareas de logística, en específico originadas en actividades de despacho y almacenamiento de productos, tareas altamente frecuentes en la Industria.
- El cliente objeto de la innovación se encuentra en las empresas del Sector Industrial, que posean procesos con manipulaciones manuales de carga en áreas de logística.
- El énfasis está dado por un proceso de innovación, orientado en su línea de trabajo a la “Implementación y/o adecuación de soluciones innovadoras a los desafíos en seguridad y salud en el trabajo”.

5.2 Geometrías, Tecnologías y Simulación de la Idea

Conceptualización de la MET

La conceptualización de la MET, se describe estableciendo características geométricas y tecnológicas representando en el siguiente Mapa Conceptual, en el cuál interactúan elementos sistémicos y socios en la definición conceptual de la innovación MET

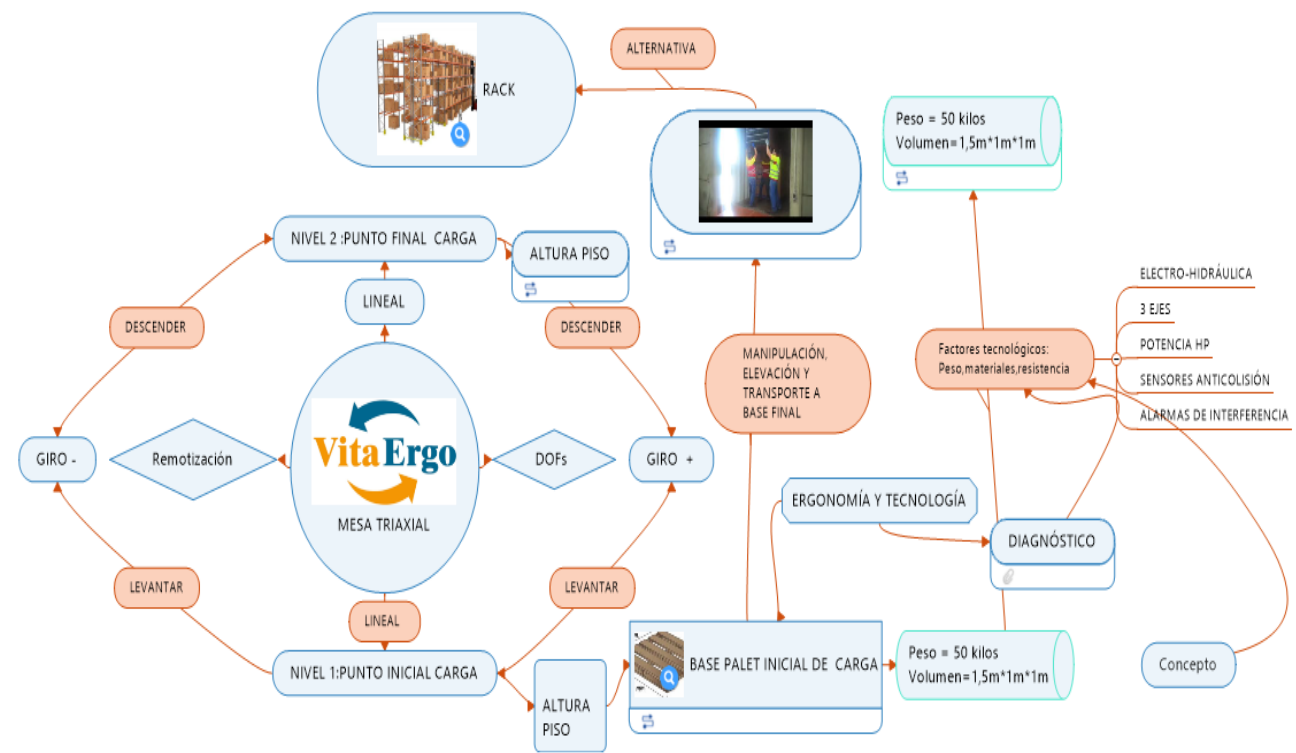


Figura 39. Mapa conceptual de la Innovación MET

Aspectos claves

- En procesos y operaciones industriales.
- Elimina sobreesfuerzos en MMC:
 - Hasta 200 Kg
 - Geometría definida : Objeto tipo trapezoidal hasta de 2m x 1m x 1m
- Mejora procesos y operaciones

- Reduce sobreesfuerzo, dificultad proceso/operación, despilfarros (Tiempo) y accidentes .
- Mayor número de unidades procesadas por unidad de tiempo.
- Contribuye a indicadores de Calidad: disminución riesgo daño a producto y disminución de errores.
- Criterios Ergonomía Técnica/ Normativa
 - Normativo: Cumplimiento Ley n° 20.001 / Ley n° 20.949 / D.S n° 63. Elimina MMC.
 - Técnico: controla variables distancia horizontal, desplazamiento vertical, distancia de transporte, peso y acoplamiento mano-objeto
- Tecnologías Habilitantes Integradas
 - Orientadas a dar respuesta de operación en tres grados de Libertad (DOF's) en tres ejes.
 - Funciones de manipulación de carga para elevar, descender, girar (posicionar) y transportar cargas.
 - Control remotizado mediante sistema joystick.

5.3 Simulación de funciones de apoyo a manipulación crítica de cargas

Idea Central

Conceptualización MESA ERGONÓMICA TRIAXIAL (MET) para manipulación y transporte de cargas. Elimina y controla tareas con Manipulación Manual de Carga (MMC). Ley n° 20.001/ Ley n° 20.949 / D.S n° 63

Beneficios MET (parte 1)

- Cumplimiento normativo en MMC
 - Elimina MMC
 - Controla variables críticas en MMC
- Controla interacciones / accidentes (Sensorización)
- Elimina despilfarros
- Mejora procesos

Modelos de la MET

1. MET de máxima altura de 5 metros operada íntegramente con joystick
2. MET de máxima altura de 2,5 a 3 metros de altura operada manualmente con asistencia semiautomatizada con Joystick.
3. MET semiautónoma con CNC (Control Numérico Computacional) y/o joystick

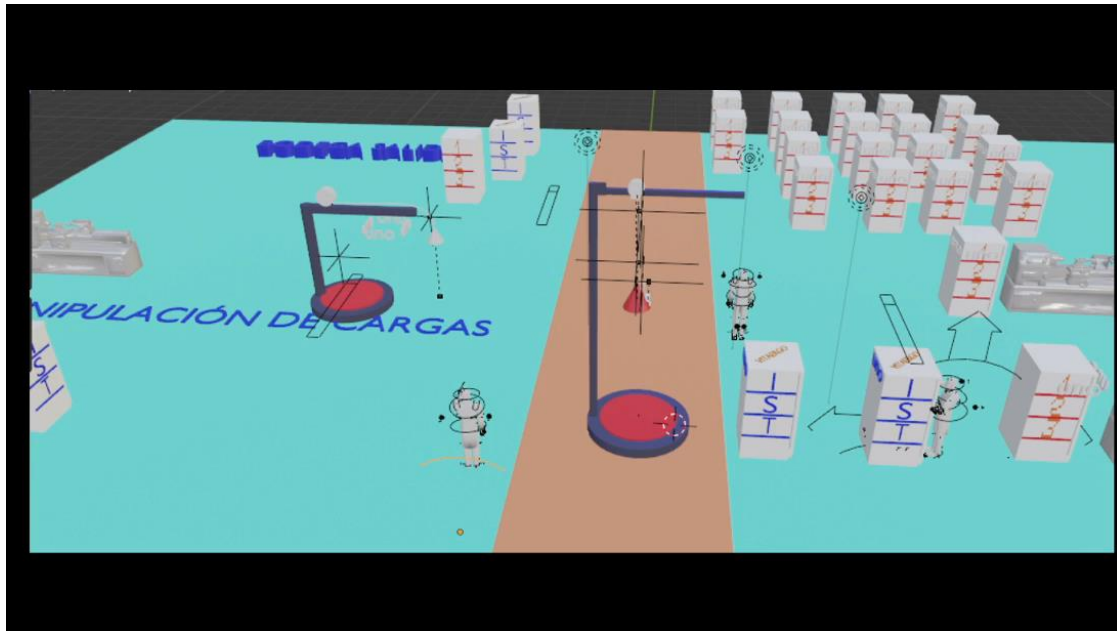


Figura 40. Simulación MET – Funciones de Apoyo

Ver Link Abajo

[Figura. Imagen de Simulación Computacional](#)

5.4 Simulación de elevación y descenso de la carga

Beneficios MET (Parte 2) – Continuación

- Control Variable Vertical
- Control Variable Horizontal
- Máquina programable
- Accionable Joystick según requerimiento
- Multioperación

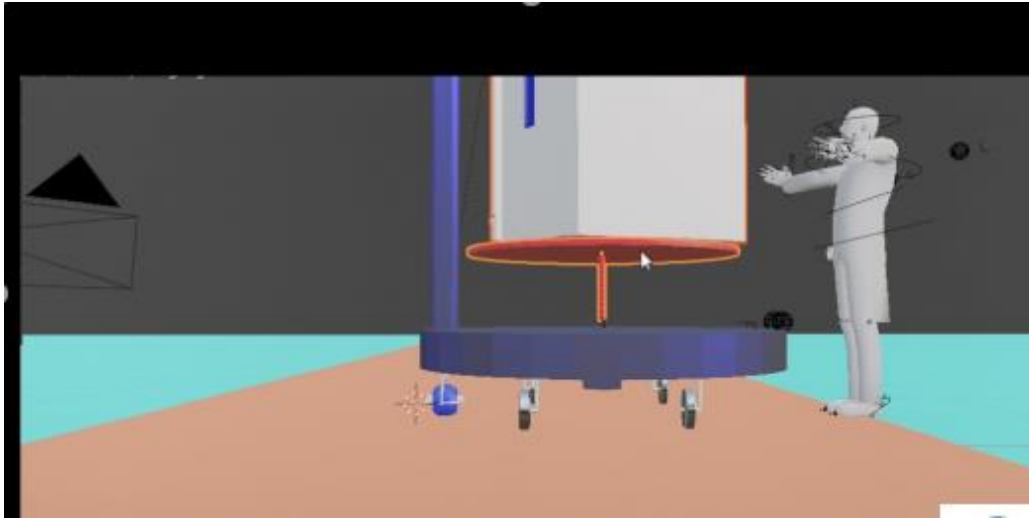


Figura 41. Simulación MET – Elevación y Descenso

Ver link Abajo

[Figura. Simulación de elevación y descenso de la carga](#)

5.5 Simulación de intercolaboración entre MET Especializadas

Beneficios MET (Parte 3)

- Flexibilidad
- Integración de Procesos
- Coordinación MET 1 , MET 2 y MET 3
- Sensorización (Desplazamiento y colisión)
- Flexibilidad productiva
- Alternativas control remotizado
- Aseguramiento Matriz RAN (Requisitos alto nivel)
- Multiherramienta de acople – tomada y objeto
- Multimanipulación
- Reemplazo tecnológico.

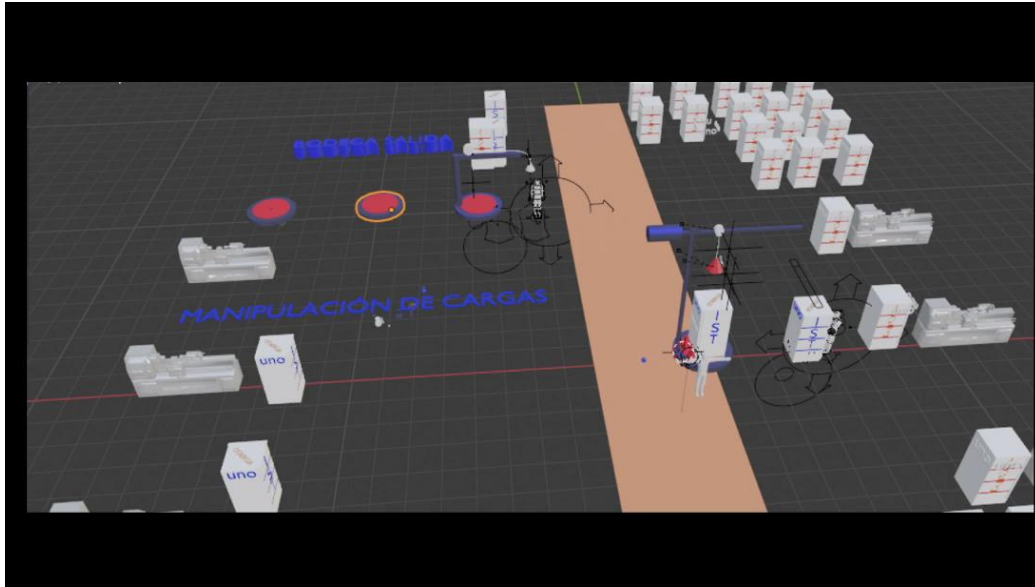


Figura 42. Simulación Intercolaboración entre METs

Ver link abajo

[Figura. Simulación Intercolaboración entre METs](#)

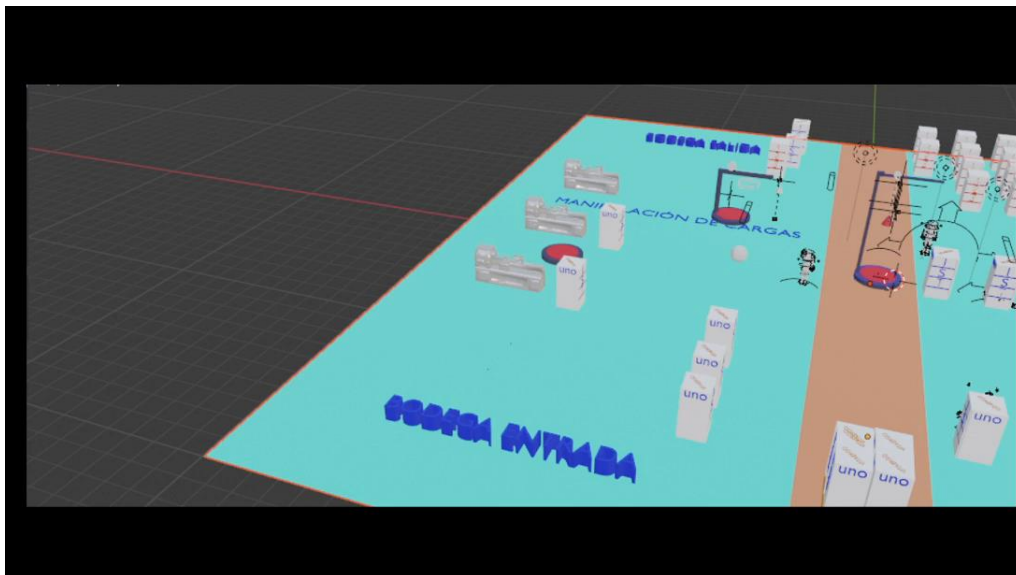


Figura 43. Simulación intercolaboración METs

Ver link abajo

[Figura. Simulación Intercolaboración entre METs](#)

5.6 Simulación de accionamientos sincronizados

Beneficios MET (Parte 4)

- Movimientos remotizados vía Joystick o comando numérico computacional (CNC) . Seguridad en la coordinación de movimientos.
- Opción de 1 rueda esférica motora y conductora con 4 ruedas conducidas con o sin “parents” electrónico con la rueda esférica.
- Multidireccionalidad con o sin interpolación lineal o circular en el plano formado por los ejes X e Y
- Opción de dos ruedas motoras con rueda esférica (motora o conducida) y dos ruedas planas conducidas de resistencia de cargas.

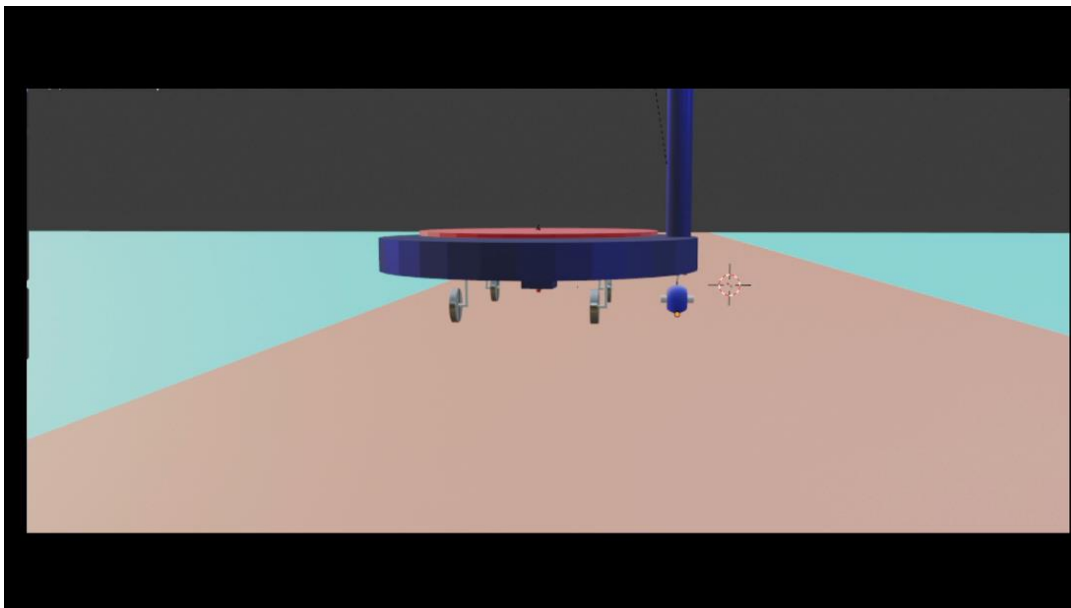


Figura 44. Simulación de accionamientos sincronizados

Ver link abajo

[Figura. Simulación de accionamientos sincronizados](#)

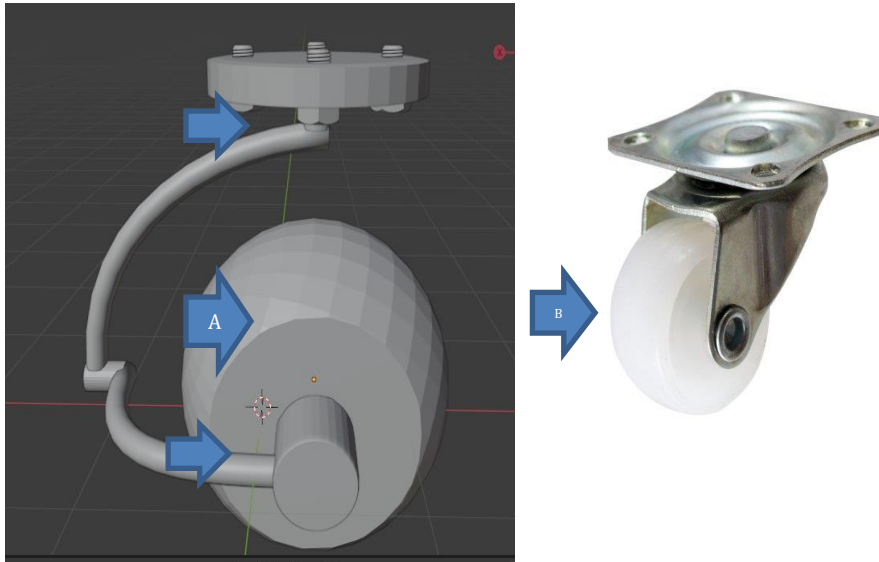


Figura 45. Tecnología habilitante rueda esférica (A) y rueda convencional conducida(B)

- **Tecnologías**

- A. Stepmotor de dirección
- B. Rueda Motora Esférica
- C. Núcleo motor con Encoders o Inductosyn de posicionamiento.
- D.- Rueda Conducida (Loca)

5.7 Geometrías, tecnologías y materiales

Geometrías

- A. Base circular de soporte y traslación de 1.5 m de diámetro.
- B.Mesa giratoria y regulable en altura de 1 m de diámetro. Altura regulable mesa MET desde 40 cm a 100 cm de altura medidos desde borde superior de la mesa al suelo.
- C.Pilar telescópico en eje z, de 3 m hasta 5 metros de altura desde nivel de piso (Telescópico)
- D. Brazo horizontal de 3 metros con o sin contrapeso.
- E.Rueda motora
- F.Base baterías y mecanismos de giro y elevación.

Tecnologías y Materiales

- Materiales de la estructura y mástil: de acero inoxidable.

- Materiales otras estructuras: caja de mecanismos de acero, ruedas de poliuretano, con núcleo motor de cobre y acero, baterías normales, de litio o condensadores de alta densidad (según precio y autonomía a determinar en ingeniería de detalles)
- Sensores :
 - De Posición (Encoders o Inductosyn incrementales y/o absolutos), a definir en etapa de ingeniería de detalles.
 - De aproximación, movimiento , anti colisión y alarmas digitales y/o analógicas.
- Estabilizador acelerométrico (con acelerómetros) para acciones antivuelcos.
- Joystick ,PLC (Program Logic Control) y/o CNC (Computer Numerical Control) con o sin CIOE (Central Integrada de Operaciones Ergonómica), según magnitud de la aplicación en cantidad de METs a ser aplicadas.

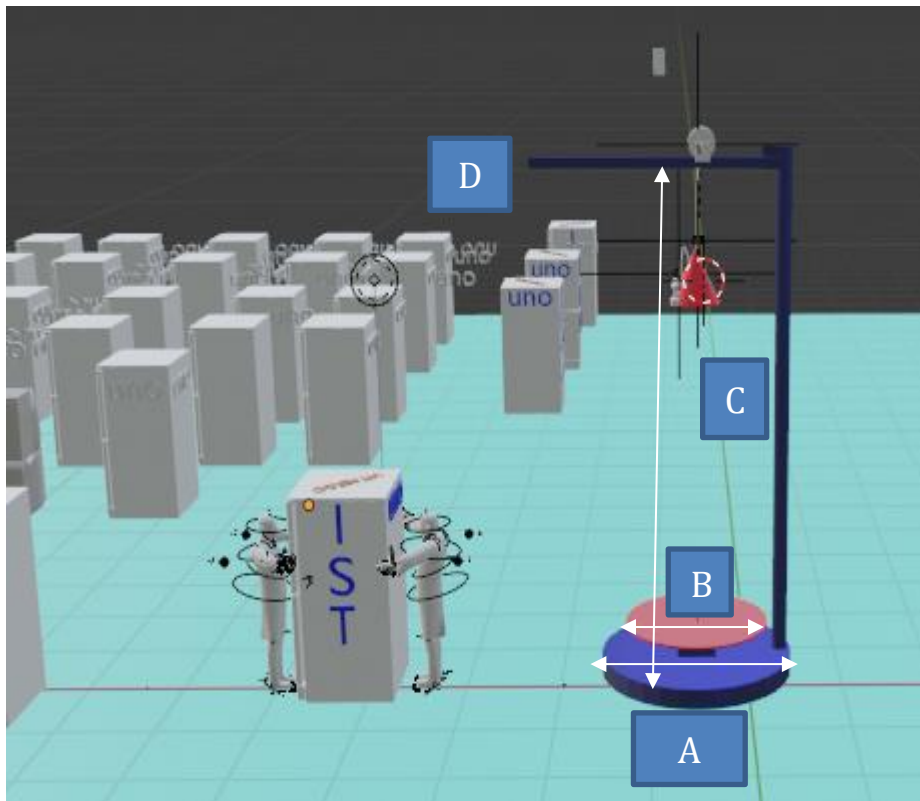


Figura 46. Geometrías, tecnologías y materiales (A, B, C y D)

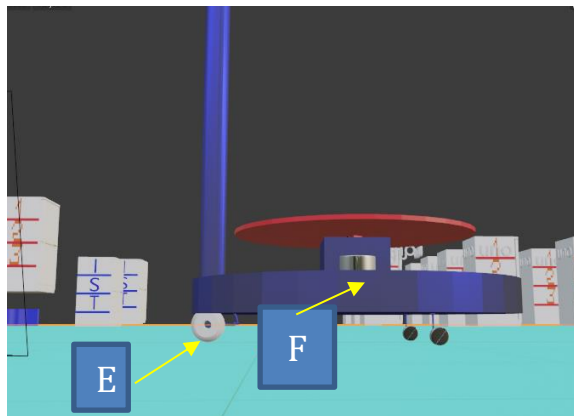


Figura 47. Geometrías, tecnologías y materiales (E y F)

Tecnologías y materiales

G. Bi-Polea de elevación y traslación

H. Cable elevación y sustentación de herramientas de sujeción y trabajo

I. Herramientas de sujeción (Ventosa, Electroimán, o Gripper) y de trabajo (Perforadoras, remachadoras, cortadoras, pulidoras, marcadoras y otras según procesamiento de pieza)

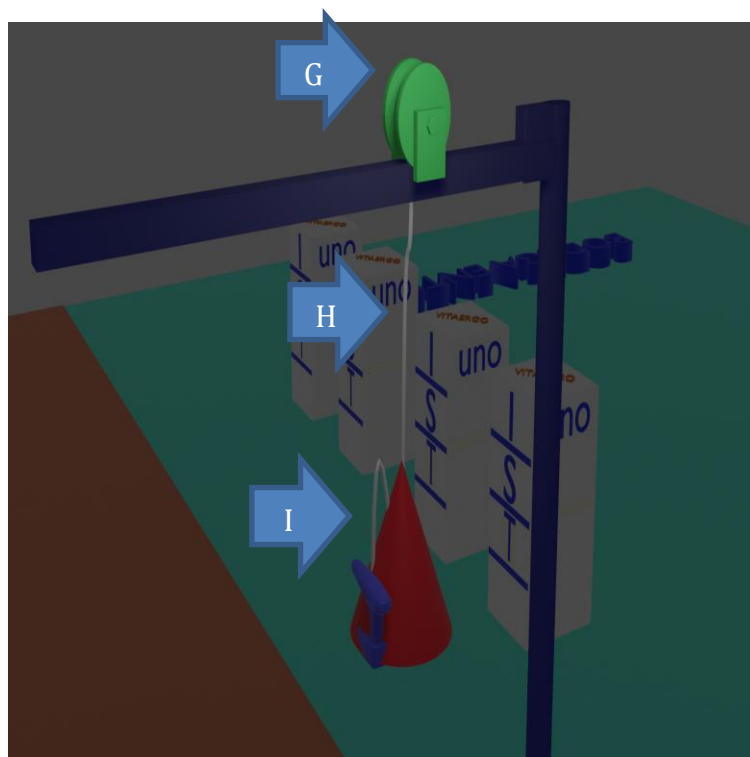


Figura 48. Geometrías, tecnologías y materiales (G, H e I)

5.8 MET con Mecanismos de Levante

MET con mecanismos de autolevante y servo_polea para viabilizar la programación “Teach-In” o discreta. El trabajador conduce manualmente el tomador de cargas efectuando mínimo esfuerzo solamente de posicionamiento de las mismas.

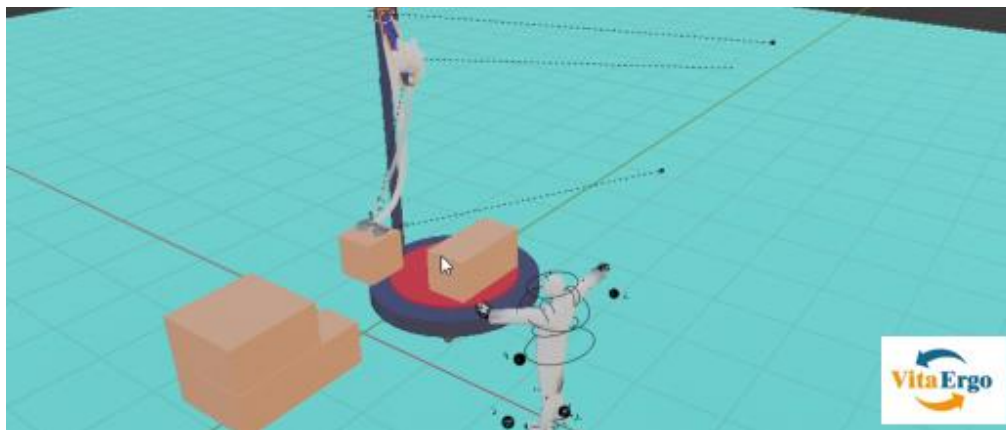


Figura 49. Mecanismos de auto-levante

5.9 Criterios de Ergonomía Técnicos y Normativos

Control de variables vinculada a la Ley n° 20.001 / Ley n° 20.949 y Decreto Supremo n° 63

Situación Antes, Sin MET

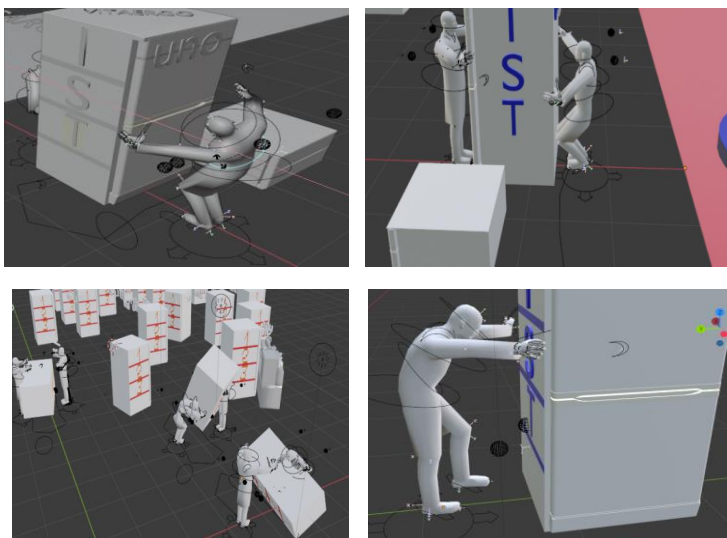


Figura 50. Riesgo de MMC Variables: Peso, Distancia Horizontal, Distancia Vertical, Distancia de Transporte, Desplazamiento Vertical y Sistemas de Acople

Situación Post, con MET

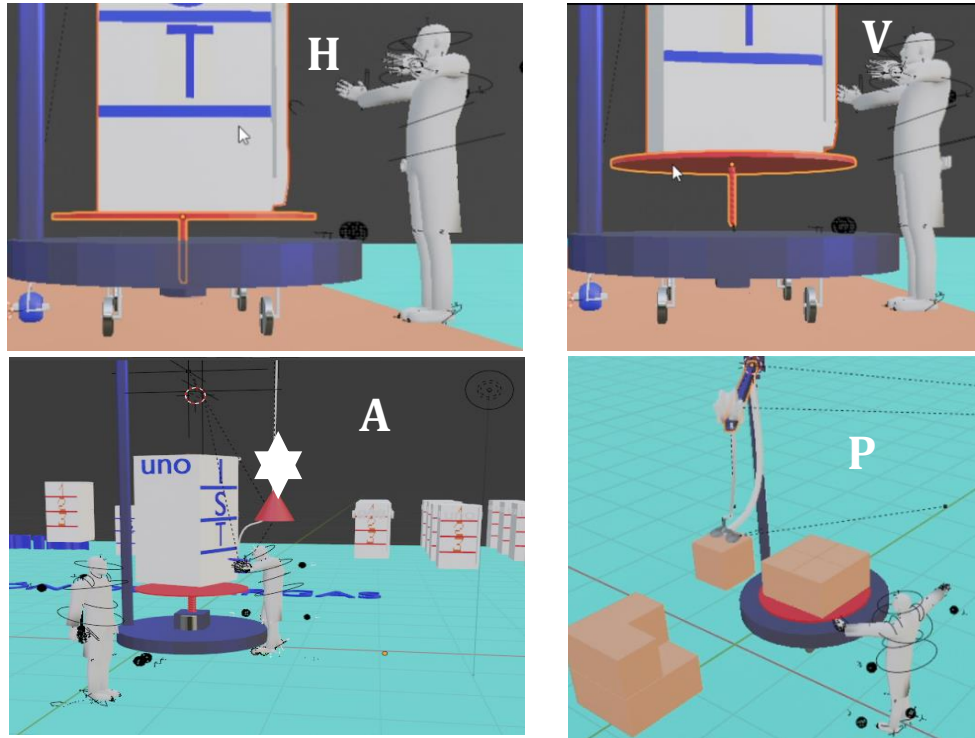


Figura 51. Control de variables: Peso (P), Distancia Horizontal (H), Desplazamiento y Distancia Vertical (V), Sistema de Acoplamiento (A) y Técnica de Manipulación *.
Elimina MMC

5.10 Simulación en contexto / entorno

La Mesa Ergonómica Triaxial está orientada a disminuir los riesgos asociadas a tareas con manipulación manual de carga y a su vez orientada a eliminar la Manipulación Manual de Carga en tareas en operaciones de logística. La MET actúa integrada en el proceso, por lo que la MET puede actuar en forma individual o integrada con otras MET y otros elementos de ayudas técnicas como carros, transpaletas, grúas horquillas, otros. Ver Imagen Simulación en Entorno.

La MET tendrá las prestaciones ya descritas de control de variables asociadas a distancia horizontal, distancia vertical, distancia de desplazamiento, control de variable peso y acople. La innovación de la MET se centra en la integración de tecnologías habilitantes, que están comprobadas y usadas en el mercado. La MET es una tecnología para la manipulación manual de carga y a su vez una tecnología colaborativa que permita facilitar tareas en las operaciones de los procesos. La MET interactúa con otras ayudas técnicas durante el proceso.

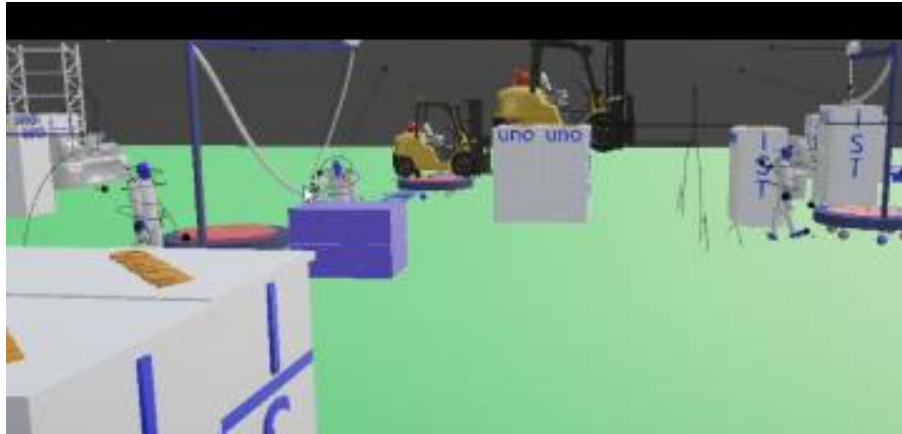


Figura 52. Simulación virtual de MET - Sustentabilidad y Seguridad

Ver link abajo

[SIMULACIÓN VIRTUAL DE MESA ERGONÓMICA TRIAXIAL, MET .DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA SEGURIDAD Y SUSTENTABILIDAD](#)

Ver link abajo

[Simulación MET y Entorno](#)

La MET dispone de varias tecnologías habilitantes, integradas a la solución de tecnología de manipulación manual de carga y operaciones, junto con la capacidad de transportar cargas e interactuar con otras fases del proceso. La MET transita por las zonas de entradas, de procesamiento y de salida.

La función de la MET permite dar solución en el proceso a condiciones de fuerza, movimiento continuo, control remoto, regulación de alturas y alcances mediante el giro de la base. La MET en sus diferentes modelos puede tomar rol en sus distintas funciones. En la función de la MET se integran en consecuencia criterios de Ergonomía y de Ingeniería Mecatrónica considerando la configuración en base a los requerimientos del proceso. Se integran requerimientos asociados a tareas de manipulación manual de carga, de logística y otras tareas complementarias con herramientas auxiliares.

Cabe destacar, que la base conceptual de las variables a intervenir proviene, tal como se ha descrito en base a estudio de la industria en fondos de investigación previo, con resultados representativos, los resultados de la innovación mediante la integración de tecnologías habilitantes. (CERDA; RODRÍGUEZ, 2017)

Finalmente, las características de la MET y sus tecnologías incorporadas se definen considerando el tamaño de la empresa, sus características de proceso y requerimientos específicos de las tareas con manipulación manual de carga.

6. Análisis de prefactibilidad y Análisis de Beneficio

6.1 Análisis de prefactibilidad

6.1.1 Impacto de la MET – Foco de interés

El análisis de pre-factibilidad tiene como objetivo identificar el potencial de mercado de la MESA ERGONÓMICA TRIAXIAL, “MET”, tomando como criterio base que este tipo de tecnologías estará dirigida a las 90.000 empresas manufactureras que emplean a un total de 858.000 trabajadores (Fuente INE – Marzo/Mayo 2019), promediando 10 trabajadores por empresa, las cuales en su conjunto generaron el 11 % del PIB de Chile, el que alcanzó en el año 2020 la suma de 58.609 millones de Euros en el IV Trimestre 2020 representando aproximadamente un PIB de 235.000 millones de Euros (CHILE, 2020)

Por otra parte, en base a la evidencia epidemiológica se espera que mediante la eliminación del factor de riesgo de Manipulación Manual de Carga se pueda reducir entre un 11 a 66% los trastornos musculoesqueléticos dorsolumbares relacionados a este factor de riesgo (PUNNET; WEGMAN, 2004).

Al aplicar una tecnología como la “MET” en las 90.000 empresas manufactureras se transformarían las pérdidas económicas en un BENEFICIO expresado en un VALOR ACTUALIZADO NETO, calculado a cinco años con una tasa de descuento del 7% . (tasa de interés bancario)

6.1.2 Características foco de la MET basada en RAN

En los capítulos, capítulo 1 (Conceptualización), capítulos 2 (Análisis Función Hombre – Máquina) y capítulos 3 de este proyecto de innovación se han destacado las siguientes siete características que deberá tener la MET, siguiendo a trazabilidad de la matriz de REQUERIMIENTOS DE ALTO NIVEL (RAN):

1. Función Hombre Máquina 1: Suprimir la operación de elevación de cargas sobre 20 kilo manipulada por trabajadoras o 25 K Manipulados por trabajadores sobre un carro o mesa de trabajo. Con la MET se toma la pieza con una garra, ventosa o electroimán para colocarla sobre la mesa de trabajo MET

2. Función Hombre Máquina 2: Suprimir el esfuerzo de descender cargas a nivel de piso de trabajo. La MET dispone del mismo sistema de elevación para hacer descender la carga.
3. Función Hombre – Máquina 3: Suprimir el trabajo de agacharse para realizar trabajos de procesamiento bajo 60 cm de altura medidos desde el suelo. La MET accionando mecanismos de tornillos trapezoidales, de esferas recirculantes y/o tornillos mecánicos periscópicos para colocarlo a la altura de trabajo en zona de seguridad según tipo de tarea a realizar de precisión, de fuerza o tareas mixtas.
4. Función – Hombre Máquina 4: Suprimir sobreesfuerzo sobre el nivel de hombros. Descendiendo cargas a la zona de seguridad de trabajo ya sea este de fuerza, precisión o mixto.
5. Función – Hombre Máquina 5: Suprimir los sobreesfuerzos por rotación e inclinación a nivel de columna. LA MET permite realizar ajustes en el eje vertical y a en el transversal, subiendo y rotando la MET.
6. Función – Hombre Máquina 6: Suprimir el esfuerzo de girar piezas. La MET dispone de giro en su mesa.
7. Función – Hombre Máquina 7: Suprimir sobreesfuerzos isométricos e isotónicos para traslado de cargas a siguientes fases del proceso. La MET puede disponer sobre su propia base o de otras MET u otra ayuda técnica para realizar el transporte de carga.

6.1.3 Prefactibilidad elementos tecnológicos y RAN

La integración de la prefactibilidad y elementos tecnológicos asociados a la RAN considera:

Innovación e integración de tecnologías habilitantes para eliminar sobreesfuerzos en tareas con manipulaciones manuales de carga en tareas de logística con pesos hasta 200 Kg.

La Fabricación, operación y mantenimiento de la MET deberá ajustarse a las normas normas ISO, de máquinas y de Ergonomía considerando elementos ambientales, de seguridad. La MET conceptualiza principios de:

- Integración de la seguridad
- Sistemas de mando
- Medidas de protección contra peligros mecánicos
- Características que deben reunir los resguardos y dispositivos de protección
- Riesgos debido a otros peligros;
- Mantenimiento; Información para el usuario;
- Requisitos esenciales complementarios de seguridad y de la salud;
- Requisitos esenciales complementarios de seguridad y de salud para neutralizar peligros debido a la movilidad de máquinas;

- Requisitos esenciales complementarios de seguridad y salud para neutralizar peligros derivados de operaciones de elevación;
- Adaptar la interfaz hombre-máquina considerando operadores sin alteraciones físicas, sensoriales y cognitivas.

Vinculada a las personas y operadores el uso de la MET requerirá evaluaciones médicas física, sensoriales y cognitivas. Capacitación electromecánica en la operación y mantenimiento de la MÁQUINA ERGONÓMICA TRIAXIAL

6.1.4 Factores de Análisis de Prefactibilidad

El análisis de prefactibilidad está orientado a un análisis preliminar de una idea para determinar si es viable transformarla en un proyecto, en este contexto los factores de Análisis de Prefactibilidad consideran:

6.1.4.1 Mercado

La MET está dirigida a 90 mil empresas manufactureras que emplean a 858 mil trabajadores (Fuente INE Marzo-Mayo 2020)

6.1.4.2 Financiero

Las 90 mil empresas manufactureras chilenas facturaron aproximadamente 11% del PIB de Chile en el año 2020 (CHILE, 2020)

6.1.4.3 Tecnológicos

Todas la tecnologías concurrentes y habilitantes a la configuración electromecánica y de los materiales de la MET son tecnologías maduras y probadas en el mercado para su compra e integración bajo la arquitectura descrita en los capítulos 3, 4 y 5

6.1.4.4 Administrativos

La fabricación de la MET considera la participación de profesionales especialistas en ergonomía, electroelectrónica y mecánica y proveedores de tecnologías habilitantes.

6.1.4.5 Ambientales

Las tecnologías habilitantes para la MET se definen como tecnologías amigables con el entorno buscando la implementación de un eco-producto mediante criterios de EcoErgonomía. Es por ello que la MET se conceptualiza mediante uso de fuentes alternativas como la eléctrica (BZHWEIN, 2019).

Los componentes electro-mecánicos conceptualizados en la MET son tecnologías que producirán niveles de ruido bajos, acordes a estándares de vehículos de similares características tecnológicas y adoptando las normas Se conceptualiza para la MET la incorporación de Sistema de aviso Acústico de vehículos amigables con el entorno.

6.1.4.6 Suministros

Los suministros para la construcción de la MET son de fácil acceso en el mercado, en este conjunto se consideran materiales para la estructura de la MET, ruedas, motores eléctricos paso a paso (Step Motor), los PLCs (Controladores lógico programables), sensores y joystick. Se considera la adecuación a normas técnicas vinculadas al tipo de tecnologías habilitantes.

6.1.5 Análisis Financiero de Prefactibilidad

6.1.5.1 Conceptualización del análisis

La conceptualización del análisis financiero considera los siguientes elementos basados en el nivel de registro y disponibilidad de información a nivel nacional y con un enfoque de empresa y sectorial considerando nivel de inversión fabricación de la MET, contribución del sector al PIB, número de empresas, días laborales y días perdidos conceptualizados, daño atribuible a factores físicos, aumento de productividad mediante la implementación de tecnologías (en particular MET), costo financiero del crédito, costos de mantención y un período de 5 años. Este análisis conceptual se establece configurando un esquema de cálculo de Valor Actualizado Neto, considerando un análisis por empresa y análisis sectorial vinculado con la industria manufacturera, estableciendo como concepto el impacto en la productividad e integrado conceptualmente a costos directos e costos indirectos.

ítems integrados para establecer el cuadro de análisis financiero:

- Inversión de una MET en pesos (Valor de referencias conceptualizado – Preingeniería de detalle) y considerando una MET semi automatizada según especificación.
- Contribución al PIB nacional del Sector de la Industria Manufacturera.
- Contribución promedio (conceptualizado) de cada empresa del sector al PIB (CHILE, 2020)
- Número promedio de trabajadores por empresa (conceptualizado y proyectado) (Fuente INE Marzo-Mayo 2019)
- % de días laborales perdidos al año en el sector y promedio conceptualizado a cada empresa por considerando fuente SUSESO 2019/2020 (SUSESO, 2020)
- % atribuible a trastornos musculoesqueléticos.(PUNNET; WEGMAN, 2004; SUSESO, 2020)
- % de aumento de productividad específica asociada a exigencias físicas (BOLTON, 2008; BZHWEN, 2019; OXEMBURGH; MARLOW; OXEMBURGH, 2004; SABRI, 2007)
- Costo financiero del crédito
- Costo de mantención MET
- Costos totales
- Flujo neto operacional
- Pérdidas eliminadas por empresa (PEE) al implementar tecnología MÁQUINA ERGONÓMICA TRIAXIAL, MET basado en concepto de aumento de la productividad, salud y seguridad en el trabajo, ejecución de capacitación y organización de procesos. En este ítem se integra conceptualmente la relación entre:

PEE =

$(\% \text{ Contribución PIB}) \times (\% \text{ días laborales perdidos}) \times (\% \text{ Daño Probabilidad de daño}) \times (\% \text{ de Aumento productividad})$

Nota: enfoque de pérdidas eliminadas por la empresa integra los costos directos, indirectos, reducción de la productividad (días), costos de reemplazo, costos de capacitación, eficiencia, entre otros.

6.1.5.2 Conceptualización y cálculo cuadro de análisis financiero VAN

El cálculo del Valor Actualizado Neto se realiza de acuerdo a la siguiente relación:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} - I_0$$

Donde:

F_t = representa a cada valor del flujo futuro de fondos,

K = Tasa de interés de descuento o tasa de actualización=7%

t = período correspondiente al flujo de fondos= 5 años

I^o = Inversión inicial o desembolso inicial=K\$ 10.000.000 Semiautomatizada (Con joystick , sistema de auto-levante al vacío y dos motores eléctricos conductores , estructura, mesa rotatoria y elevadora, con polea eléctrica de levante vertical, balance con contrapeso dinámico y/o ruedas esféricas de autobalance)

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+k)} + \frac{F_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+k)^n}$$

El resultado del Análisis del VAN describe un VAN de 3.514.091 y un TIR de 18,94%. VAN describe proyecto de innovación crea valor, por lo que se establece beneficio para su continuidad. La creación de valor de este proyecto se describe en tres ejes: mejora de productividad, salud, ergonomía en el trabajo respetando las normativas actuales. Con este proyecto de innovación se aumenta la competitividad de la empresa eliminando a su vez costos directos e indirectos relacionados con tareas riesgosas. La TIR resultante describe que se retorna capital invertido y muestra un ganancial adicional, describe un proyecto rentable.

ITEM	0	2022	2023	2024	2025	2026
Flujo Operacional						
Inversión MET distribuida en 5 años		2.000.000	2.000.000	2.000.000	2.000.000	2.000.000
Contribución promedio de cada empresa al PIB Nacional (Conceptualizado)		242.656.108	242.656.108	242.656.108	242.656.108	242.656.108
Nr de trabajadores por empresas. (90.000 empresas manufactureras total 858.000 trabajadores)		10	10	10	10	10
% de Días laborales perdido al año en promedio en cada empresa (días trabajos año =264 laborables; días perdidos = 6 promedio)		0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
% atribuible a daños músculo esquelético	14,46	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48
50 % de aumento de productividad variable vinculada		1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Pérdidas eliminadas por empresa con 10 trabajadores al aplicar tecnología MET		3.947.408	3.947.408	3.947.408	3.947.408	3.947.408
Ingresos totales		3.947.408	3.947.408	3.947.408	3.947.408	3.947.408
Costo financiero del crédito para comprar 1 (una) MET	0,072	720.000	576.000	432.000	288.000	144.000
Costo de Mantenimiento MET		200000	200000	200000	200000	200000
Costos totales		920.000	776.000	632.000	488.000	344.000
FLUJO NETO OPERACIONAL		3.027.408	3.171.408	3.315.408	3.459.408	3.603.408
PRECIO DE MET TIPO	10000000					
FLUJO CAJA TOTAL	10000000	3.027.408	3.171.408	3.315.408	3.459.408	3.603.408
Indicadores económicos				Estimación de costo modelo MET (Autolevante / Joystick)		
			Valor (\$)	Sm: Semi-Automatizada	10000000	C/ Contrabalance
VAN (7%)			\$3.514.091			
TIR			18,94%			
PIB Nacional en 2020 (Euros)		2,34436E+11	234.436.000.000			
Valor Euro al 7.4.2020		846,87				
PIB en pesos chilenos industria manufacturera	\$	1,98537E+14	198.536.815.320.000			
Contribución de las 90.000 empresas Industria Manufacturera (11% PIB)	\$	2,1839E+13				
Contribución promedio de cada empresa	\$	242.656.108				

Figura 53. Cuadro de VAN y TIR Conceptualizado por Empresa con Análisis Sectorial

7. Conclusión

El desarrollo de la etapa de conceptualización del proyecto MESA ERGONÓMICA TRIAXIAL MULTIMANIPULACIÓN, MET, permite demostrar la viabilidad técnica de innovar una herramienta de manipulación de carga con electro-movilidad con control remoto con joystick y sensores de seguridad en el núcleo de su innovada rueda esférica motora giroscópica auto-estabilizante para colaborar con los trabajos de logística, reprocesamiento o cualquier tarea con manipulación manual de carga de una planta tipo en la que se manipulan cargas de hasta 200 kilos de peso y con un volumen equivalente a 2 metros x 1 Metro y 1 Metro como máximo.

Se demuestra que es posible evitar factores de riesgos vinculados a tareas con manipulación manual de carga eliminando las variables críticas objeto de este proyecto, en tareas con manipulación manual de carga siendo esta distancia horizontal, distancia vertical, desplazamiento vertical, distancias de traslados, pesos y sistemas de acople con la carga. La MET elimina la manipulación manual de carga o disminuye la exigencia de trabajo dada por las variables críticas. Esto aplicable a tareas con Manipulación Manual de Carga en las categorías de Elevación y Descenso Individual y en Equipo, Transporte Individual y en Equipo y Tareas de Empuje y Arrastre.

Se concluye que existen tecnologías habilitantes para ser integradas que, en conjunto con la ejecución de trabajos específicos de la especialidad de Ergonomía e Ingeniería Mecatrónica, permiten determinar viabilidad técnica para la construcción de la MET en fases más avanzadas, de esta forma proyectar avanzar a la fase de implantación considerando los REQUERIMIENTOS DE ALTO NIVEL, RAN establecidos para la MET.

En este proyecto se han determinado las secuencias de intervención más importantes de la Mesa Ergonómica Triaxial, dando origen a lógicas de accionamiento, respaldado por mecanismos con origen en tecnologías habilitantes, seleccionadas en diferentes ámbitos de trabajo y niveles básicos de semi- automatización.

El Análisis de viabilidad de la MET considera un proyecto que descrito a través del VAN (Valor Actualizado Neto) y TIR (Tasa de descuento proyecto) crea valor en la resolución de la problemática de cuidar la salud y seguridad de los trabajadores en el Sector de la Industria Manufacturera en el fenómeno de la prevención de riesgo en tareas con Manipulación Manual de Carga, y a su vez favorece la mejora de la productividad en los trabajos específicos objeto de intervención de la MET. Se configura de esta forma la obtención del propósito

fundamental de este proyecto de innovación en Ergonomecatrónica que es alcanzar el equilibrio entre la salud y productividad, buscando potenciar la eficiencia de los sistemas de trabajo.

Finalmente, cabe destacar que el Sector de la Industria Manufacturera según los Informes de la última Encuesta Nacional de Condiciones Laborales del año 2019, representa un sector con una alta presentación de accidentes laborales y enfermedades profesional. Según lo descrito por la ENCLA 2019, un 55,2% de las empresas han tenido uno u otro evento, representando uno de los Sectores más destacados. A su vez, se describe que este sector ocupa el segundo lugar en la incidencia de enfermedades profesionales habiendo sido declaradas por un 13% de las empresas encuestadas.

Si se considera en el análisis de los datos del INE de año 2019, Banco Central 2020, datos de ENCLA 2019 y SUSESO 2020, se puede conceptualizar que en el Sector la Industria Manufacturera el año 2019:

- 37.800 Empresas presentaron Accidentes del Trabajo.
- 11.700 Empresas presentaron Enfermedades Profesionales.
- 49.500 Empresas presentaron Accidentes del Trabajo y Enfermedades Profesionales.
- En el Sector se describen días perdidos por accidentes del trabajo un total de 441.521 y de Enfermedades Profesionales un total de 26.138 durante el año 2019, suman un total de 467.659. Representando un promedio de 6 días perdidos al año promedio aproximadamente.

Junto a lo anterior, y analizando en particular el Informe de Estadísticas de Seguridad Social de la SUSESO del año 2019/2020, se destaca que la Industria Manufacturera en el año 2019, es la cuarta actividad económica con mayor promedio mensual de trabajadores cotizantes, es la tercera actividad económica con mayor número de accidentes del trabajo con 20.339 accidentes del trabajo, es la tercera actividad económica con más número de enfermedades profesionales en el período, es la cuarta actividad con mayor número de días perdidos promedio según accidentes del trabajo, es la segunda actividad económica con mayor número de días perdidos por accidentes del trabajo con 441.521 días, es la tercera actividad económica con más días perdidos por enfermedades profesionales con 26.138 días. Lo que hace concluir que es un sector relevante dada la cantidad de personas que integra este sector, expuesta a factores de riesgo, la importancia productiva y la relevancia en la comunidad de este sector económico.

Lo anteriormente expuesto, nos invita a la reflexión de la importancia de cambiar el paradigma de la prevención y establecer aproximaciones efectivas, pragmáticas y reales entre disciplinas de la Ergonomía y la Ingeniería Mecatrónica, fusionándose en un concepto armónico como la ErgoMecatrónica, promoviendo la incorporación de la Industria Nacional a la Industria 4.0, estableciendo como enfoque, la obtención de procesos desde un



perspectiva EcoErgonómica, e Innovación tecnológica, a fin y efecto de colaborar en la proyección de la Industria nacional para mejorar sus estándares de trabajo, cuidando la salud de los trabajadores, así como también proyectando la mejora de la productividad de las miles de empresa del sector de la Industria Manufacturera colaborando a un desarrollo sustentable y con visión de futuro.

8. Anexos

8.1 Anexo Tecnologías Habilitantes

Las imágenes siguientes muestran una variedad de prototipos para diferentes usos y mecanismos de accionamientos de tipo mecánico, electro hidráulico, electroneumáticos, electroelectrónicos, electromecánicos, electro neumáticos (aire comprimido) .


	
<p>Fig. Mesa Electro hidráulica fija</p>	<p>Fig. Mesa Electro hidráulica rodante</p>
	
<p>Fig. Mesa de corte con tijera hidráulica</p>	<p>Fig. Mesa de tijera mecánica para ensamble y corte</p>



Fig. Gato Horquilla hidráulico



Fig . Gato Horquilla hidráulico



Fig. Mesa de elevación electro mecánica



Fig. Mesa de elevación con guías lineares



Fig. Mesa de elevación con tijera electromecánica



Fig. Mesa tijera electromecánica con tornillo



Fig. Mesa hidráulica móvil manual



Fig. Mesa de elevación móvil electro mecánica



Fig. Mesa tijera electro hidráulica



Fig. Mesa tijera Electro hidráulica



Fig. Mesa tijera de juego de altura regulable electro hidráulica



Fig. Mesa tijera con superficie giratoria angular

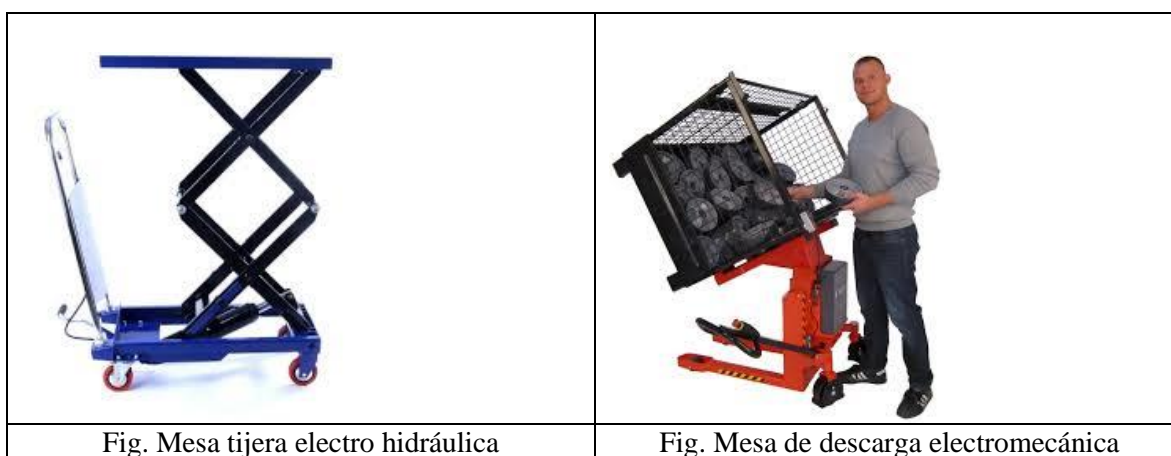




Fig.- Consolidado de tecnologías habilitantes afines con la MET

8.2 Anexo - Referencias de tecnologías para RAN de la MET

1.- Mesas de Elevación Ergonómica (Ergonomische Tisch)

https://www.google.com/search?q=ERGONOMISCHE+HEBETISCH&sxsrf=ALeKk002UzVoDmOCarXUXyYoKbIfmVa_Mw:1603159086460&tbm=isch&source=iu&ictx=1&fir=YDI6yVtvrHas4M%252CD2mWcylGOrCABM%252C_&vet=1&usg=AI4_kSGjD3qEf2B3jL3s3dpEM1DBi5VOQ&sa=X&ved=2ahUKEwjxpPf-iMLsAhWpErkGHciQB_cQ9QF6BAgDEAY#imgrc=YDI6yVtvrHas4M

2.- Instrumentos de elevación y Transporte (Hebe und Fördergeräte)

<https://www.willecke.de/standardgeraete/hubtische/ergo-hubtische/ergonomie-einfach-scheren-hebetisch-details>

3.- Mesa Elevadora hidráulica

https://aco.cl/ficha/7842/mesa-elevadora-hidraulica-650kg-me-650?gclid=EAAlaIQobChMI6rcu_K77AIVNgiICR2WCgMaEAQYASABEgIQvPD_BwE

4.-Grúa horquilla para manipulación de armarios (Gabelstapler für handhabungs vom kühltschränke)

https://www.google.com/search?q=gabelstapler+f%C3%BCr+handhabungs+vom+k%C3%BChlschr%C3%A4nke&spell=1&sa=X&ved=2ahUKEwjyi9SM_ZrsAhUuD7kGHXaAAxQQBSgAegQICxAt&biw=1034&bih=620

5.- Vehículos Automáticamente guiados para transportar cargas (AGVs support Palletizing and Depalletizing in Receiving and Dispatch)

https://www.youtube.com/watch?v=369s_H9-w80

6.- Robot de transporte inteligente (智慧型搬運機人)

<https://www.youtube.com/watch?v=H8mzOpOVLeE>

7.- Carro de transporte de cesta de plástico con cesta de seis rejillas (強牛牌 六格籃 塑膠籃 搬運手推車)

<https://www.youtube.com/watch?v=sX-yuW02gok>

8.- Elevador por vacío / máquina de transferencia que ahorra mano de obra + mesa de rodillos telescópica
Elevador por vacío + Transportador de estiramiento (distribuidor de Taiwán)

<https://www.youtube.com/watch?v=2tli3kc8yhA>

9.- Tecnología inteligente de robots de almacén y logística: automatización de siguiente nivel 1

<https://youtu.be/smilviq8tv0>

10.- Tecnología inteligente de robots de almacén y logística: automatización nivel 2

<https://youtu.be/smilviq8tv0?t=62>

11.- Tecnología moderna de almacén para una automatización nivel 3

<https://youtu.be/13xi2tamf6A?t=81>

12.- Robot de transferencia de stock (Kleine Elfin Lager Transferroboter)

<https://www.ok-agv.net/de/small-elfin-warehouse-transfer-robot-3.html>



13.- AGV de 1 tonelada de capacidad (Muratec "Premex XIO" - 1 Ton Lifter AGV)
https://youtu.be/r0A_WrhcPxI).

14.- La visión de JD.com para el centro logístico inteligente del futuro (JD.com's vision for the smart logistics center of the future)
<https://www.youtube.com/watch?v=udRYxhS4-Ow>

15.- AGV Weasel. Automated Guided Vehicle Weasel®, E-Commerce, Supply Chain, Hermes Fulfilment GmbH
<https://www.youtube.com/watch?v=WIIS3vNSuQ4>

16. AGVs automate Put-Away, Production Supply, Picking | SSI SCHAEFER
https://www.youtube.com/watch?v=RUYAxse0C_w

17. MONORUEDAS AUTO ESTABILIZANTES

https://www.google.com/search?q=Mono+rueda+autoestabilizante&sxsrf=ALeKk03rytIQm6eI8w2CqQ2mHaVh35H42g:1605491616795&tbm=isch&source=iu&ictx=1&fir=tOOY2b6lUKPDPM%252CeKdYwZfsYV7XTM%252C_&vet=1&usg=AI4_-kTpWHTUeZdEno1Xg7LUujMD1nNqUA&sa=X&ved=2ahUKEwj6z4is-oXtAhVnIbkGHahSBqcQ9QF6BAGCEAo#imgrc=tOOY2b6lUKPDPM

18.-GRÚAS INTELIGENTES

<https://movitecnica.com.pe/blog/gruas-inteligentes-la-herramienta-nivel-superior/> .

8.3 Anexo Matriz RAN Tramo 1, 2 y 3

Matriz de RAN para TRAMO logístico 1 ENTRADA

ANÁLISIS DE OCURRENCIAS DE RIESGOS ERGONÓMICOS CON O SIN APLICACIÓN DE MESA TRIAXIAL BAJO REQUISITOS DE ALTO NIVEL										
TIPO DE OCURRENCIA DE RIESGO ERGONÓMICO BIOMECÁNICO O ESFUERZO NO PERMITIDO	LEVANTE	BAJADA	GIRO	ISOMÉTRICO	REPETIBILIDAD	IMPACTO	Energía Perdida	Probable Lesión	COSTO	
TRAMO 1: RETRABAJO DE PIEZA SIN MESA TRIAXIAL					1					
A 1.- Subir la pieza sobre 25 kilos sobre carro horquilla	1				1		1	1		4
A 2.- Bajar de la pieza a nivel piso desde el carro horquilla		1			1		1	1		4
A 3.- Levante inclinado de la pieza con esfuerzo isométrico en diagonal de la pieza hasta colocarle una mesa de soporte en la parte inferior			1	1	1		1	1		5
A 4.- Colocar la pieza en posición vertical de trabajo				1	1		1	1		4
A5.- Agacharse con esfuerzos dorso lumbares para realizar el retrabajo en la parte inferior de la pieza				1	1		1	1		4
A6.- Girar la pieza para realizar marcajes, etiquetado y retrabajos			1		1		1	1		4
A7.- Bajar la pieza desde la mesa a nivel de piso		1			1		1	1		4
A8.- Subir la pieza con esfuerzos isométricos sobre el carro horquilla y trasladarlo a fase siguiente	1				1		1	1		4
OCURRENCIA DE RIESGO EN TRAMO 1 SIN MESA TRIAXIAL										33
TRAMO 1: RETRABAJO DE PIEZA CON MESA TRIAXIAL										
B1.- Subir la pieza sobre 25 kilos sobre el CARRO HORQUILLA INNOVADO CON MESA TRIAXIAL ERGONÓMICA, MTE, rotatoria, por acción de levante horizontal con las mismas pezuñas horquillas ultra planas entrando en rack adecuado o bajo las ruedas de la pieza con horquillas de ancho regulable	0				0		0	0		0
B 2.- <u>Esfuerzo de Bajar</u> de la pieza a nivel piso desde la MTE <u>se elimina reemplazándolo</u> con mecanismos electro electrónicos		0			0		0	0		0
B 3.- <u>Esfuerzo de Levante inclinado</u> de la pieza con esfuerzo isométrico en diagonal de la pieza hasta colocarle una mesa de soporte en la parte inferior <u>se elimina reemplazándolo</u> por acción del mecanismo electro electrónico de tornillos trapezoidales, tornillos de esferas recirculantes o tornillos mecánicos periscópicos.			0	0	0		0	0		0
B4.- <u>Esfuerzo de Colocar la pieza en posición vertical</u> de trabajo <u>se elimina reemplazándolo reemplazándolo</u> por mecanismos electro-electrónicos y mecánicos de la MTE, dado que sube de forma vertical				0	0		1	0		1
B5.- <u>Esfuerzo de Agacharse con exigencias dorso lumbares</u> para realizar el retrabajo en la parte inferior de la pieza <u>se elimina al levantar la pieza a posición de trabajo ergonómica</u>				0	0		1	0		1
B6.- Esfuerzo de Girar entorno a la pieza para realizar marcajes, etiquetado y retrabajos <u>se elimina al hacer girar la mesa de la MTE en la posición de trabajo angular deseada</u>			0		0		1	0		1
B7.- Esfuerzo de Bajar la pieza desde la mesa a nivel de piso <u>se elimina al hacer bajar la mesa de la MTE al nivel de piso</u>		0			0		1	0		1
B8.- Esfuerzo de subir la pieza con esfuerzos isométricos sobre otro carro horquilla para y trasladarlo a fase siguiente <u>se elimina al operar la mesa de la MTE al nivel de la horquilla receptora</u>		0			0		0	0		0
OCURRENCIA DE RIESGO EN TRAMO 1 CON MESA TRIAXIAL										0

Matriz de RAN para TRAMO 2 de procesamiento y logístico

ANÁLISIS DE OCURRENCIAS DE RIESGOS ERGONÓMICOS CON O SIN APLICACIÓN DE MESA TRIAXIAL BAJO REQUISITOS DE ALTO NIVEL									
TIPO DE OCURRENCIA DE RIESGO ERGONÓMICO BIOMECÁNICO O ESFUERZO NO PERMITIDO	LEVANTE	BAJADA	GIRO	ISOMÉTRICO	REPETIBILIDAD	IMPACTO	Energía Perdida	Probable Lesión	COSTO
TRAMO 2: EMBALAJE DE PIEZAS SIN MESA TRIAXIAL									0
A 1.- Subir la pieza sobre 25 kilos sobre carro horquilla para llevarlo a MESA DE EMBALAJE	1					1		1	4
A 2.- Bajar de la pieza a nivel piso para subirla a mesa de embalaje		1				1		1	4
A 3.- Subir la pieza a mesa de embalaje con esfuerzos isométricos	1		1			1		1	5
A 4.- Rotar la pieza manualmente para embalar con cartón y colocación de huinchas, aislantes y de amarres						1		1	3
A5.- Bajar la pieza hacia carro horquillas en tres cambios de posición, enderezar, tomar bajar y enderezar en posición vertical a nivel de piso para que o tome carro horquilla y lo lleve a lugar de apilado.		1	1			1		1	5
OCURRENCIA DE RIESGO EN TRAMO TRAMO 2 SIN MESA TRIAXIAL									21
TRAMO 2 EMBALAJE CON MESA TRIAXIAL									
B 1.- <u>Esfuerzo de Subir la pieza sobre 25 kilos sobre carro horquilla para llevarlo a MESA DE EMBALAJE se elimina</u> por acción del mecanismo electro- electrónico y mecánico de la MTE	0					0		0	0
B 2.- <u>Esfuerzo de bajar Bajar de la pieza a nivel piso</u> para subirla a mesa de embalaje <u>se elimina</u> por acción de mecanismo electro- electrónico y mecánico de la MTE		0				0		0	0
B 3.- <u>Esfuerzo de subir la pieza</u> a mesa de embalaje con esfuerzos isométricos <u>se elimina</u> por acción de mecanismo electro- electrónico y mecánico de la MTE	0		0			0		0	0
B4.- <u>El esfuerzo de Rotar la pieza manualmente para embalar</u> con cartón y colocación de huinchas, aislantes y de amarres <u>se elimina</u> por acción de la mesa rotatoria						0		1	1
B5.- <u>El esfuerzo de Bajar la pieza hacia carro de horquillas</u> en tres cambios de posición, enderezar, tomar bajar y enderezar en posición vertical a nivel de piso para que o tome carro horquilla y lo lleve a lugar de apilado, <u>se elimina por acción de mecanismo de tornillos electromecánicos de la mesa</u>		0	0			0		1	0
OCURRENCIA DE RIESGO EN TRAMO 2 CON MESA TRIAXIAL									2



Matriz de RAN para TRAMO 2 logístico

ANÁLISIS DE OCURRENCIAS DE RIESGOS ERGONÓMICOS CON O SIN APLICACIÓN DE MESA TRIAXIAL BAJO REQUISITOS DE ALTO NIVEL									
TIPO DE OCORRENCIA DE RIESGO ERGONÓMICO BIOMECÁNICO O ESFUERZO NO PERMITIDO	LEVANTE	BAJADA	GIRO	ISOMÉTRICO	REPETIBILIDAD	IMPACTO	Energía perdida	Probable Lesión	COSTO
TRAMO 3: MANIPULACIÓN EN TRANSPORTE HACIA PILA SIN MESA TRIAXIAL									
A 1.- Bajar la pieza desde la mesa de embalaje a nivel de piso realizando esfuerzos isométricos con efectos dorso lumbares	1		1				1	0	3
A 2.- Levantar la pieza a nivel del carro horquilla para transportarlo con aplicación de fuerzas desestabilizantes empujando hacia pila de acopio, container o rack de almacenamiento		1	1				1	1	4
OCURRENCIA DE RIESGO EN TRAMO TRAMO 2 SIN MESA TRIAXIAL									7
TRAMO 3: MANIPULACIÓN EN TRANSPORTE HACIA PILAS CON MESA TRIAXIAL									
B 1.- Se eliminan los esfuerzos isométricos de una o dos personas para bajar la pieza desde la mesa de embalaje a nivel de piso al utilizar los mecanismos electromecánicos de la MTE	0		0				1	0	1
B 2.- Los esfuerzos de levantar la pieza a nivel del carro horquilla para transportarlo empujando hacia pila de acopio, container o rack de almacenamiento se eliminan dado que la MTE tiene mecanismos electro-electrónicos de desplazamiento propios.		0	0				1	0	1
OCURRENCIA DE RIESGOS EN TRAMO 3 CON MESA TRIAXIAL									2
OCURRENCIA DE RIESGO SIN MESA TRIAXIAL									2


Matriz de RAN para TRAMO 3 de trabajo logístico SALIDA



ANÁLISIS DE OCURRENCIAS DE RIESGOS ERGONÓMICOS CON O SIN APLICACIÓN DE MESA TRIAXIAL BAJO REQUISITOS DE ALTO NIVEL									
TIPO DE OCORRENCIA DE RIESGO ERGONÓMICO BIOMECÁNICO O ESFUERZO NO PERMITIDO	LEVANTE	BAJADA	GIRO	ISOMÉTRICO	REPETIBILIDAD	IMPACTO	Energía Perdida	Probable Lesión	COSTO
TRAMO 4.- ALMACENAJE DE PIEZAS EN CONTAINER O RACK									
A.-ALMACENAJE SIN MESA TRIAXIAL ELECTRO-MOTORIZADA	1	1	1	1	1	1	1	1	7
OCURRENCIA DE RIESGO SIN MESA TRIAXIAL									7
B.-ALMACENAJE CON MESA TRIAXIAL ELECTRO-MOTORIZADA	0	0	0	0	0	0	1	0	1
OCURRENCIA DE RIESGO EN TRAMO 4 CON MESA TRIAXIAL									1

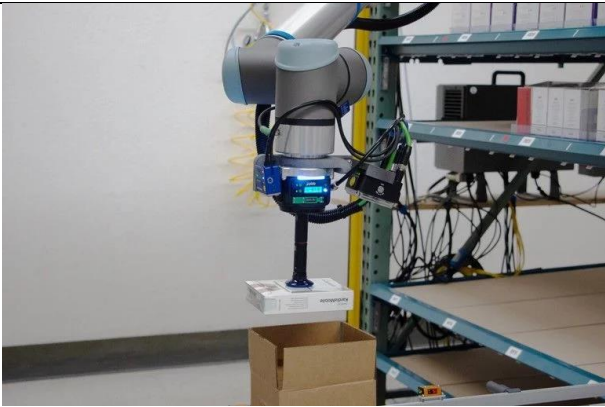

8.4 Anexo – Suministro de Herramientas

	
<p>Fig. Electromagneto convencional</p>	<p>Fig. Electro magneto de Neodimio</p>

	
<p>Fig. Elevador electromagnético para autosuender herramientas colgantes en la MET</p>	<p>Fig. Muti perforador, escariador .</p>

	
<p>Fig. Rectificadora</p>	<p>Fig. Perforadora</p>

	
<p>Fig. Multiherramienta, corte, pulido, rectificación, bruñido</p>	<p>Fig. Porta herramientas simples colgantes</p>

	
<p>Fig. Sistema de sujeción mecatrónico (Modelo de Sistema de garra)</p>	<p>Fig. Sistema de ventosa</p>

8.5 Anexo Elementos de Control

“Filoguiado. El AGV se desplaza guiándose por un hilo conductor instalado bajo el suelo, al que se accede mediante pequeñas ranuras donde se introduce un vástago conectado al vehículo. Este método de guiado es muy sencillo pero es el que posee menor flexibilidad, ya que las rutas de movimiento del AGV se limitan a las rutas con el hilo instalado. Hay algunas alternativas más cómodas como las cintas magnéticas que evitan hacer obra para instalar el hilo.

Optoguiado. El AGV se desplaza guiándose por una tira de espejo que se extiende por los recorridos del AGV, colocado de forma continua en los laterales de los caminos (o en el suelo) o en las esquinas donde el AGV tiene que tomar una decisión. Mediante catadióptrico el AGV puede detectar la guía. La instalación de estas guías de espejo no requiere de una obra como en el caso del filoguiado, y la modificación o creación de nuevas rutas es menos compleja, ya que basta con dibujar con tiras de espejo las nuevas zonas para definir los movimientos en el AGV.

Visión Artificial. El AGV reconoce mediante visión artificial una tira de espejo catadióptrico, calculando y corrigiendo en cada instante la desviación existente entre el AGV y la ruta. En función de la ruta que tiene programada y la distancia obtenida mediante la visión artificial, el AGV realiza los movimientos necesarios para continuar con la ruta prefijada.

Guiado Láser. El AGV va equipado con una unidad láser giratoria que realiza barridos para identificar en su entorno el mayor número de reflectores posibles para determinar su posición en el mapa de la instalación que tiene en memoria. Para realizar el mapa de la instalación se sitúan espejos catadióptricos en posición vertical en puntos estratégicos de toda instalación. Estos espejos serán puntos de referencia con los que puede calcular la posición del AGV, de la misma manera que el Optoguiado. La principal ventaja de este método de guiado es la sencillez con la que se puede crear una estación de carga/descarga de palets o racks o se puede modificar una ruta. En apenas 10 minutos, una persona formada puede crear una nueva ruta, sin que sea preciso realizar ninguna modificación en la instalación de los reflectores.

Mapeado 2D-3D. Esta tecnología permite que no sea necesaria la instalación de ningún elemento externo al AGV, ya que mediante toda la sensórica que tiene embarcada (cámaras, ultrasonidos, ...) son capaces de crear un mapa virtual del entorno en el que están trabajando (en 2D o 3D dependiendo de la tecnología). Esto facilita



enormemente la puesta en marcha de estos dispositivos, ya que simplemente es necesario mover al AGV de forma manual por los caminos que va a recorrer, mapeando los mismos e internalizando toda la información necesaria para su posterior utilización. Es el sistema más flexible y adaptativo”

Además de los tipos según cómo se guían, también hay otras clasificaciones según su seguridad, sensores, tipo de carga etc. Son equipos muy flexibles que facilitan el transporte interno de elementos y que tienen muchas ventajas como trazabilidad, seguridad y seguimiento de flujos.

Los AGVs permiten tener un flujo más constante de los materiales y piezas por las fábricas, así como su trazabilidad ya que se encuentran conectados en remoto y se sabe en todo momento dónde están, qué están haciendo, estado del inventario, procedencia etc. Otro de sus puntos clave es la mejora en el ámbito de la seguridad. El rápido tiempo de respuesta de estos aparatos, gracias a la gran cantidad de sensores que incorporan para evitar cualquier obstáculo, supera la percepción humana por lo que se reducen los riesgos de lesión al resto de personal de la fábrica.

9. Referencias

BOLTON, W. **Mechatronics: A Multidisciplinary approach**. England: Alfa Omega Group, 2008.

BRAVO, J.; GARCÍA, A.; SCHLECHTER, H. Mercado Laboral Chileno para la Cuarta Revolución Industrial. v.59, Disponible em: <https://clapesuc.cl/investigacion/doc-trabajo-no59-mercado-laboral-chileno-para-la-cuarta-revolucion-industrial>.

BZHWEN, K. Current research and future perspectives on human factors and ergonomics in Industry 4.0. **Computers & Industrial Engineering**, 137, 2019.

CERDA, E.; RODRÍGUEZ, C. Estudio de Condiciones de Trabajo de la Industria Manufacturera relacionada a factores de riesgos de trastornos musculoesqueléticos dorsolumbares para establecer estrategias y recomendaciones de prevención en el sector SUSESO - Gobierno de Chile 2017.

CHILE, B. C. D. Producto Interno Bruto por Actividad Económica. 2020.

CÓRDOVA, V.; CERDA, E.; RODRÍGUEZ, C. **Guía Técnica para la Evaluación del Trabajo Pesado**. Santiago de Chile: 2010. v. Book, Whole).

INDUSTRIA, C. E. E. E. Guía para la aplicación de la Directiva 2006/42/CE relativa a las máquinas 2010.

ISO. Ergonomics — Application document for International Standards on manual handling (ISO 11228-1, ISO 11228-2 and ISO 11228-3) and evaluation of static working postures (ISO 11226). 2014.

MINISTERIO DEL TRABAJO Y PREVISIÓN, S. Ley 20.001. Regula el peso máximo de carga humana. Ley 20.001 2005.

OIT. El mundo de la industria 4.0. 2020.

OLIVA, E. Apuntes sobre Ergonomía Sistema Hombre Máquina. Talleres Gráficos Editora Académica 2007.

OXEMBURGH, M.; MARLOW, P.; OXEMBURGH, A. **Increasing productivity and profit through Health & Safety**. Second ed. 2004.

PUNNET, L.; WEGMAN, D. Work-related musculoskeletal disorders: The epidemiologic evidence and the debate. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, 14, n. 1, p. 13-14-23, 2004.

SABRI, C. **Mechatronics**. México: John Willey & Sons, 2007.

SOCIAL, M. D. T. Y. P. Decreto Supremo N° 63. :APRUEBA REGLAMENTO PARA LA APLICACION DE LA LEY N° 20.001, QUE REGULA EL PESO MAXIMO DE CARGA HUMANA. 2018.

SOCIAL, M. D. T. Y. P.; CHILE, G. D. Ley N° 20.949. MODIFICA EL CÓDIGO DEL TRABAJO PARA REDUCIR EL PESO DE LAS CARGAS DE MANIPULACIÓN MANUAL. 2016.

SUSESO. Estadística de Accidentabilidad. 2020.



TRABAJO, M. D. Guía Técnica para la Evaluación y Control de Factores de Riesgo en tareas con Manipulación Manual de Carga. 2018.

WILSON, J. R. Fundamentals of systems ergonomics/human factors. **Applied Ergonomics**, 45, n. 1, p. 5-13, Jan 2014.

WILSON, J. R.; CORLETT, E. General approaches and methods. *In: Evaluation of human work*. Boca Raton: Taylor & Francis, 2005. v. Third, p. 430-431, 432.