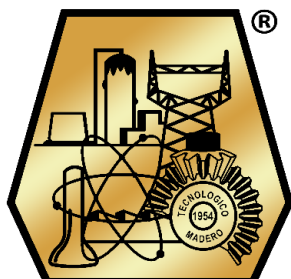


INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CIUDAD MADERO

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



"POR MI PATRIA Y POR MI BIEN"

TITULACIÓN INTEGRAL

TESIS

ANÁLISIS DE LAS DIMENSIONES ANTROPOMÉTRICAS DE LOS
PRODUCTORES DE LEGUMINOSAS DE LA REGIÓN NORESTE DE MÉXICO

Que para obtener el Título de
Ingeniero Industrial

Presenta
David Valle Gallegos
19070261

Asesor
Dr. Alfonso Barbosa Moreno

Cd. Madero, Tamaulipas

Abril 2024



Ciudad Madero, Tamaulipas, **19/marzo/2024**

OFICIO No. : P.025/2024

ÁREA: Departamento de Ing. Industrial

ASUNTO: Autorización de impresión.

DAVID VALLE GALLEGOS
No. DE CONTROL 19070261
PRESENTE.

De acuerdo al fallo por el Jurado asignado para la revisión de su trabajo Profesional integrado por los siguientes Catedráticos:

PRESIDENTE:	DR. ALFONSO BARBOSA MORENO
SECRETARIO:	DR. CARLOS EUSEBIO MAR OROZCO
VOCAL:	ING. VERONICA HERNANDEZ MORALES
SUPLENTE:	ING. JOSE LUIS LUCIO SILVA

Y considerando que llena los requisitos del Reglamento de Titulación en vigor del Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos, doy a Usted autorización para que proceda a imprimir su trabajo Profesional por medio de la Opción Tesis de Titulación Integral.

ANÁLISIS DE LAS DIMENSIONES ANTROPOMETRICAS DE LOS PRODUCTORES DE LEGUMINOSAS DE LA REGIÓN NORESTE DE MÉXICO

ATENTAMENTE

*Excelencia en Educación Tecnológica •
"Por Mi Patria y Por Mi Bien" •*

JUAN FLAVIO MOLAR OROZCO
JEFE DEL DEPTO. DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

ccp. Archivo

JFMO/mtdc



DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico a mis padres, los cuales me han inculcado los valores y lecciones necesarias para llegar a ser el hombre que soy actualmente. Así como también a mi hermano y amigos cercanos por escucharme y aconsejarme en los momentos que más lo necesitaba.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a Dios por permitirme tener salud y disfrutar mi vida junto con mis seres queridos, a mi familia por siempre apoyarme y alentarme a seguir adelante a pesar de las adversidades, a mis amigos por estar presentes en los momentos importantes.

También gracias a mi asesor por brindarme la oportunidad de realizar este proyecto y por su apoyo, así como también a mis compañeros de carrera, los cuales aportaron de manera directa o indirecta experiencias, conocimientos y palabras de aliento, que ahora las podemos contar como anécdotas.

ÍNDICE

Capítulo 1: Introducción.....	4
Antecedentes de la empresa.....	4
Introducción.....	6
Objetivo General.....	7
Objetivos específicos:.....	7
Justificación:.....	8
Descripción de la empresa:	8
Preparación técnica:	9
Escuela vocacional	9
Misión, Visión y Valores	12
Misión	12
Visión.....	13
Valores	13
Localización de planta.....	13
Organigrama	15
Capítulo 2: Marco Teórico	16
2.1 Ergonomía.	16
2.1.1 Definición de ergonomía.	16
2.2 Antropometría.	18
2.2.1 Definición de antropometría.	18
2.2.2 Antropometría estática.	19
2.2.3 Antropometría dinámica	20
2.3 Métodos de evaluación ergonómica.....	21
2.3.1 RULA.....	24
2.3.2 REBA.....	28
2.3.3 Niosh.	34
2.3.4 OWAS	38
2.4 Leguminosas.	44
2.4.1 Definición de leguminosas.	45
2.4.2 Tipos de leguminosas.....	46
2.4.3 Maquinaria utilizada en la cosecha de leguminosas.	47

Capítulo 3: Marco Metodológico	51
3.1 Metodología REBA.....	51
3.2 Prueba ANOVA y parámetros estadísticos básicos.....	69
Capítulo 4: Resultados.	78
4.1 Resultados: Metodología REBA.....	78
4.2 Resultados: Prueba ANOVA.....	78
Capitulo 5: Conclusiones.....	79
Referencias:.....	80

Capítulo 1: Introducción.

Antecedentes de la empresa.

En 1968 inicia la especialidad de Técnico en Electrónica mientras que la de Técnico Laboratorista arranca en 1972. Para el año 1974 incorpora a sus planes de estudio el Sistema de Educación Abierta en dos niveles. La oferta educativa se amplía en 1975 con nuevas carreras, la de Ingeniería Geológica y la de Ingeniería Geofísica.

El desarrollo regional acelerado motivó que para el año 1976 se iniciaran los Programas de Posgrado con la Maestría en Sistemas Administrativos y la Maestría en Tecnología del Petróleo y Petroquímica.

El año 1986 fue importante en el crecimiento de la institución pues a nivel licenciatura se ofertan las carreras de Ingeniería Electrónica e Ingeniería en Sistemas Computacionales y a nivel Posgrado inicia la Maestría en Ciencias en Ingeniería Eléctrica, la Maestría en Matemática Educativa (mediante convenio con CINVESTAV), además se oferta por primera vez el Doctorado iniciando con Petroquímica, cuyo programa nació por el continuo crecimiento de esta industria en la zona. También en estas especialidades se firman convenios de colaboración con el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) y con la Agencia Internacional de Cooperación del Japón (JICA).

En 1993 inicia la carrera de Ingeniería en Geociencias, liquidando las de Ingeniería Geológica y Geofísica. Ese mismo año de 1993 se oferta la Maestría en Ciencias en Ingeniería Administrativa. En 1995 arranca la carrera de Licenciatura en Informática. En 1996 inicia la Maestría en Ciencias en Ingeniería Química como una respuesta a la modificación de las tendencias nacionales respecto al desarrollo petrolero. También esta modificación obedeció a las recomendaciones hechas por el Comité de Evaluación del Padrón Nacional de Posgrado del CONACYT. Este mismo año de 1996 surgió

el Doctorado en Ciencias en Ingeniería Química sustituyendo al de Petroquímica.

En agosto del 2000 inició la Maestría en Ciencias de la Computación y seis años más tarde fue registrada en el Padrón Nacional de Posgrado del CONACYT junto con la Maestría en Ciencias en Ingeniería Química lo cual las posiciona entre los mejores Programas de Posgrado en estas disciplinas.

Para el año 2001 empieza la Maestría en Gestión Administrativa, sustituyendo la Maestría en Ciencias en Ingeniería Administrativa; mientras que en enero de 2004 dieron inicio los cursos del doctorado en Ciencias en ingeniería Química hasta enero de 2012. En el 2006 arrancó el programa de la carrera de Ingeniería Ambiental y en 2008 otro Posgrado con la Maestría en Ingeniería Eléctrica que sustituye la Maestría en Ciencias en Ingeniería Eléctrica. Poco después en agosto de 2009 el programa de Doctorado en Ciencias en Computación estaba listo para comenzar clases e investigaciones.

Como resultado de una investigación de la oferta educativa en nuestra zona conurbada, se autorizó la implantación de nuevas licenciaturas y posgrados en la institución, por lo que en agosto de 2010 da inicio el programa de Ingeniería en Gestión Empresarial, y de agosto de 2012 a junio de 2019 el programa de Ingeniería en Tecnologías de la Información y Comunicaciones como una respuesta a las necesidades detectadas en nuestro entorno.

Pero no fue el único programa estrenado durante el mismo periodo, comenzó la oferta de dos posgrados: la Maestría en Ingeniería Mecánica y el Doctorado en Ciencias en Materiales, este último, con reconocimiento de posgrados de calidad.

Para enero del 2017 se dio a conocer un nuevo posgrado en el instituto: Ingeniería y Doctorado en Ciencias de la Ingeniería y un año después la

Maestría en Ciencias de la Ingeniería con la que nuestra institución se colocaría en una de las mejores opciones para realizar un posgrado de impacto en la misma zona de impartición.

Todo este crecimiento académico e histórico ha consolidado al Instituto Tecnológico de Ciudad Madero como una institución, de prestigio que responde a las necesidades de las diferentes organizaciones, empresas y asociaciones del país, especialmente de la zona norte. Hoy el Instituto Tecnológico de Ciudad Madero es reconocido internacionalmente, avalado por la calidad de sus egresados y considerado uno de los máximos centros de estudio del país, ofertando diez programas de ingeniería y nueve de posgrado.

Es por ello que celebramos nuestro aniversario la última semana de cada mes de noviembre para conmemorar el inicio de actividades de nuestro Instituto.

Introducción

El frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), es un fruto conformado por una vaina suavemente curvada y dehiscente, lo que significa que se abre naturalmente cuando está madura. Esta vaina contiene en su interior las semillas, las cuales comúnmente conocemos como frijoles.

Hoy en día, el cultivo del frijol tiene un gran impacto económico en la población mexicana, ya que la producción de frijol se destina principalmente al consumo y al autoconsumo, así como a la siembra, merma y exportación.

Actualmente el frijol representa un cultivo clave en la dieta nacional, el consumo anual per cápita es de 9.9 kg; la producción nacional cubre casi la totalidad de los requerimientos de consumo de los mexicanos. En el contexto productivo, de las 1.63 millones de hectáreas sembradas en 2016, el 86.98% de la superficie se encuentra mecanizada, 38.90% cuenta con la tecnología

aplicada a la sanidad vegetal, mientras que solo 35.37% del territorio sembrado con este cultivo contó con asistencia técnica.

El proceso de siembra del frijol se realiza a mano o con el uso de una sembradora, enterrando la semilla a una profundidad de 3 a 5 cm, con una distancia entre plantas de 6 cm y entre hileras de 60 a 80 cm.

El objetivo de este trabajo es realizar un estudio antropométrico dirigido a la población del noreste de México que nos permita establecer un intervalo de las dimensiones anatómicas de dicha población encargada de la siembra y cultivo del frijol, con la finalidad de adaptar un producto orientado a dicha actividad y a sus usuarios. Logrando de esta manera un procedimiento correcto, la prevalencia de la salud de la población agrícola y el aumento de la eficiencia de la siembra y cultivo del frijol.

Objetivo General

Realizar un estudio antropométrico para determinar las dimensiones anatómicas que presenta la población del noreste de México.

Objetivos específicos:

- Seleccionar una muestra representativa de la zona geográfica de interés.
- Realizar el proceso de toma de dimensiones anatómicas para dicha muestra poblacional.
- Evaluar los datos obtenidos a través de programas estadísticos.
- Realizar pruebas estadísticas para determinar el rango de dimensiones anatómicas que presenta la muestra poblacional.

- Ajustar los rangos obtenidos para determinar el intervalo de ajuste que deberá presentar el producto en desarrollo.

Justificación:

Llevar a cabo un estudio antropométrico de un producto que se encuentra en proceso de desarrollo, para que este cuente con un rango de ajuste óptimo para la población hacia la que estará dirigido, logrando de esta manera un correcto uso y funcionamiento.

Descripción de la empresa:

La Constitución de un Patronato proconstrucción de la Escuela de Artes y Oficios fue el primer paso que dio origen a lo que en sus inicios fuera el Instituto Tecnológico Regional de Ciudad Madero. Cuyo presidente fue el Ing. Luis Hidalgo y Castro, el secretario el Prof. Francisco Robledo Moreno, y el tesorero el C. Javier Chávez Salazar.

El día 20 de noviembre de 1950, el entonces director de PEMEX, el Ing. Antonio J. Bermúdez representando al presidente de la República, Lic. Miguel Alemán Valdés, estima justo colocar la primera piedra de lo que fuera el Instituto Tecnológico Regional de Ciudad Madero, con una asistencia de miles de personas y personajes distinguidos.

El 2 de septiembre de 1954 iniciaron los cursos a las 7:00 horas con un total de 211 alumnos, uniformados de blanco y guinda, fungiendo como director el Ing. Luis Hidalgo y Castro.

Los programas educativos que se ofrecieron al iniciar funciones fueron los siguientes:

Preparación técnica:

- Obreros Calificados en Máquinas y Herramientas
- Electricistas Reparadores
- Soldadores de Oxiacetileno y Arco
- Carpinteros Ebanistas

RAMA SUBPROFESIONAL

- Técnico Mecánico
- Técnico Electricista
- Técnico Perforador de Pozos Petroleros

Escuela vocacional

- Mecánica • Eléctrica • Química • Civil
- Arquitectura

En Septiembre de 1956 iniciaron las carreras de nivel licenciatura con las especialidades de Ingeniería Química, Ingeniería Mecánica e Ingeniería Eléctrica. En el año 1957 se integró el Bachillerato Tecnológico. Un año más tarde en 1958 se oferta la especialidad de Técnico en Combustión Interna y para 1961 inicia la carrera de Ingeniería Industrial.

En 1968 inicia la especialidad de Técnico en Electrónica mientras que la de Técnico Laboratorista arranca en 1972. Para el año 1974 incorpora a sus planes de estudio el Sistema de Educación Abierta en dos niveles. La oferta educativa se amplía en 1975 con nuevas carreras, la de Ingeniería Geológica y la de Ingeniería Geofísica.

El desarrollo regional acelerado motivó que para el año 1976 se iniciaran los Programas de Posgrado con la Maestría en Sistemas Administrativos y la Maestría en Tecnología del Petróleo y Petroquímica.

El año 1986 fue importante en el crecimiento de la institución pues a nivel licenciatura se ofertan las carreras de Ingeniería Electrónica e Ingeniería en Sistemas Computacionales y a nivel Posgrado inicia la Maestría en Ciencias en Ingeniería Eléctrica, la Maestría en Matemática Educativa (mediante convenio con CINVESTAV), además se oferta por primera vez el Doctorado iniciando con Petroquímica, cuyo programa nació por el continuo crecimiento de esta industria en la zona. También en estas especialidades se firman convenios de colaboración con el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) y con la Agencia Internacional de Cooperación del Japón (JICA).

En 1993 inicia la carrera de Ingeniería en Geociencias, liquidando las de Ingeniería Geológica y Geofísica. Ese mismo año de 1993 se oferta la Maestría en Ciencias en Ingeniería Administrativa. En 1995 arranca la carrera de Licenciatura en Informática. En 1996 inicia la Maestría en Ciencias en Ingeniería Química como una respuesta a la modificación de las tendencias nacionales respecto al desarrollo petrolero. También esta modificación obedeció a las recomendaciones hechas por el Comité de Evaluación del Padrón Nacional de Posgrado del CONACYT. Este mismo año de 1996 surgió el Doctorado en Ciencias en Ingeniería Química sustituyendo al de Petroquímica.

En agosto del 2000 inició la Maestría en Ciencias de la Computación y seis años más tarde fue registrada en el Padrón Nacional de Posgrado del CONACYT junto con la Maestría en Ciencias en Ingeniería Química lo cual las posiciona entre los mejores Programas de Posgrado en estas disciplinas.

Para el año 2001 empieza la Maestría en Gestión Administrativa, sustituyendo la Maestría en Ciencias en Ingeniería Administrativa; mientras que en enero de 2004 dieron inicio los cursos del doctorado en Ciencias en ingeniería Química hasta enero de 2012. En el 2006 arrancó el programa de la carrera

de Ingeniería Ambiental y en 2008 otro Posgrado con la Maestría en Ingeniería Eléctrica que sustituye la Maestría en Ciencias en Ingeniería Eléctrica. Poco después en agosto de 2009 el programa de Doctorado en Ciencias en Computación estaba listo para comenzar clases e investigaciones.

Como resultado de una investigación de la oferta educativa en nuestra zona conurbada, se autorizó la implantación de nuevas licenciaturas y posgrados en la institución, por lo que en agosto de 2010 da inicio el programa de Ingeniería en Gestión Empresarial, y de agosto de 2012 a junio de 2019 el programa de Ingeniería en Tecnologías de la Información y Comunicaciones como una respuesta a las necesidades detectadas en nuestro entorno.

Pero no fue el único programa estrenado durante el mismo periodo, comenzó la oferta de dos posgrados: la Maestría en Ingeniería Mecánica y el Doctorado en Ciencias en Materiales, este último, con reconocimiento de posgrados de calidad.

Para enero del 2017 se dio a conocer un nuevo posgrado en el instituto: Ingeniería y Doctorado en Ciencias de la Ingeniería y un año después la Maestría en Ciencias de la Ingeniería con la que nuestra institución se colocaría en una de las mejores opciones para realizar un posgrado de impacto en la misma zona de impartición.

Todo este crecimiento académico e histórica ha consolidado al Instituto Tecnológico de Ciudad Madero como una institución, de prestigio que responde a las necesidades de las diferentes organizaciones, empresas y asociaciones del país, especialmente de la zona norte. Hoy el Instituto Tecnológico de Ciudad Madero es reconocido internacionalmente, avalado por la calidad de sus egresados y considerado uno de los máximos centros de estudio del país, ofertando diez programas de ingeniería y nueve de posgrado.

Misión, Visión y Valores

El Instituto Tecnológico de Ciudad Madero tiene como objetivo ofrecer a los sectores productivos y educativos una amplia gama de servicios en las esferas de la investigación y el desarrollo científico y tecnológico, de organización del trabajo, destacando los de formación, capacitación y actualización profesional; la innovación, la diversificación, la adaptación, la adquisición y la difusión.

Así como promover el desarrollo integral y armónico del educando en la relación con los demás, consigo mismo y con su entorno, mediante una formación intelectual que los capacite en el manejo de los métodos y lenguajes, sustentados en los principios de identidad nacional, justicia, democracia, independencia, soberanía y solidaridad; y en la recreación, el deporte y la cultura que le permitan una mente y cuerpo sanos.

Atender la demanda de educación superior y de posgrado, con alta calidad, a nivel nacional e internacional, como forma de auspiciar el desarrollo regional. Hacer del ITCM un instrumento de desarrollo, mediante una estrecha y permanente retroalimentación con la comunidad, en especial entre los sectores productivos de bienes y servicios, sociales, públicos y privados. Compartir con la comunidad la cultura científica, técnica, tecnológica y humanística, así como la recreación y el deporte, mediante los diversos foros y medios con que cuenta el sistema. Ofrecer perfiles profesionales que integren las necesidades específicas regionales, para que el egresado contribuya de manera satisfactoria al desarrollo de cada comunidad, en especial de la planta productiva.

Misión

Formar profesionales de nivel licenciatura y posgrado altamente competitivos, a través de programas educativos reconocidos por su calidad; impulsar el desarrollo del sector productivo regional y nacional, a través de la investigación, el desarrollo tecnológico y la innovación.

Visión

Ser una Institución líder en educación superior tecnológica que, como parte del Tecnológico Nacional de México, contribuya significativamente en la formación de capital humano altamente calificado bajo estándares internacionales, generando y aplicando nuevo conocimiento, para fortalecer la productividad y competitividad del país.

Valores

Los valores que subyacen y promueven el desarrollo laboral, el clima organizacional y en general para el desarrollo de los procesos y procedimientos cotidianos, se refieren a valores que lejos de ser acepciones definidas en forma aislada, son valores que interactúan de acuerdo con la complejidad humana y forman parte de su esencia:

- Respeto
- Servicio
- Honestidad
- Lealtad

Localización de planta

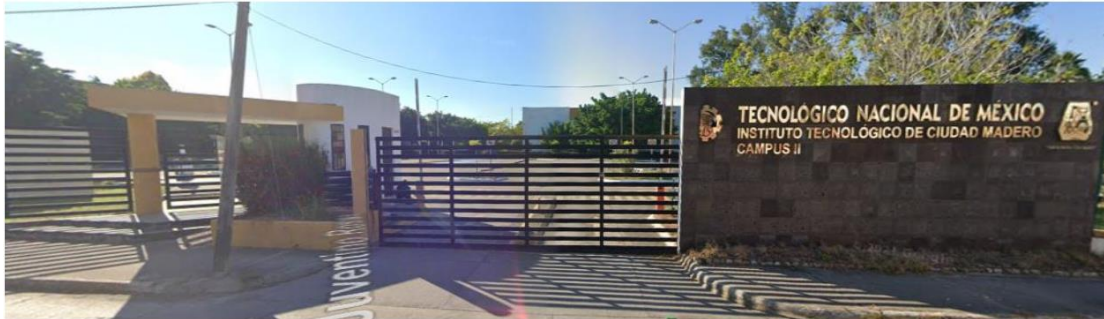
Instituto Tecnológico de Ciudad Madero

Av. 1° de mayo s/n, col. Los mangos C.P. 89440 ciudad madero, Tamps.



CAMPUS II

89440, Juventino Rosas 114, Los Mangos, Cd Madero, Tamps.

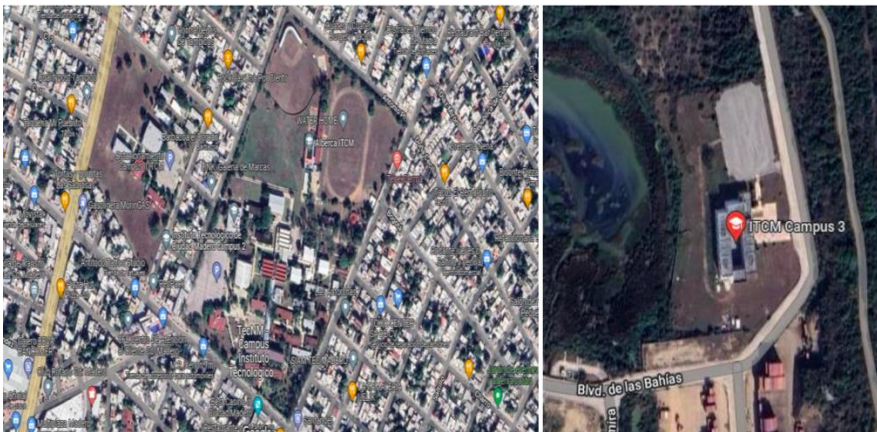


CAMPUS III

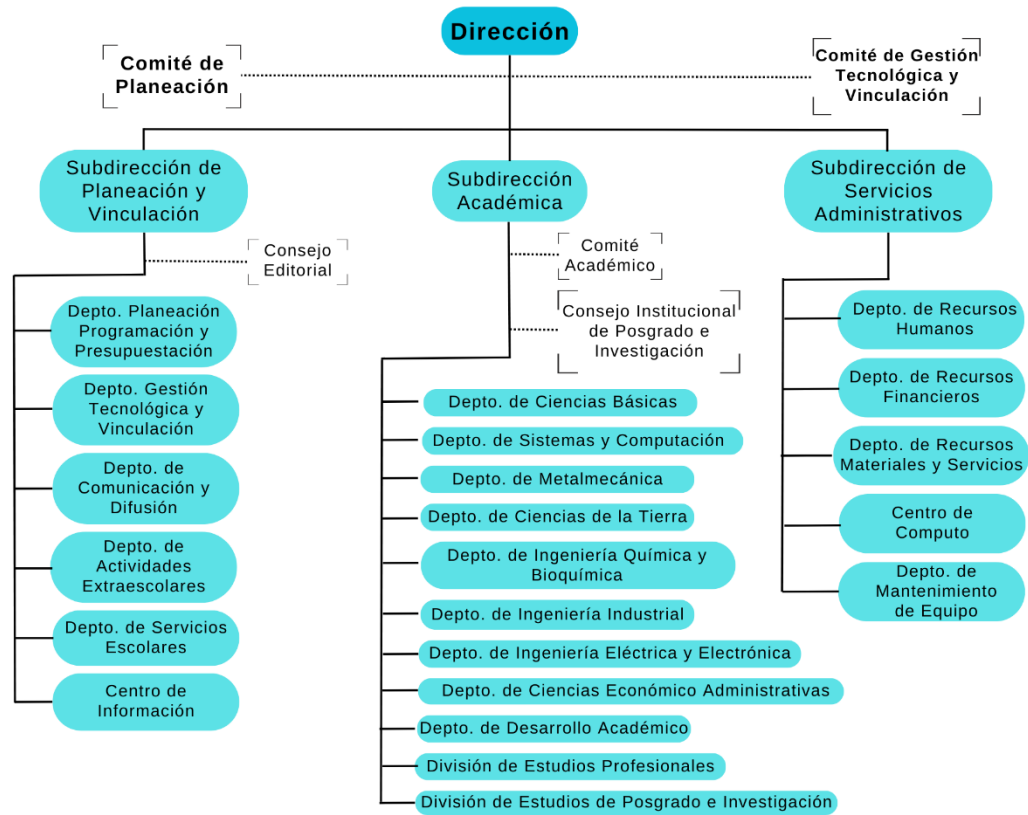
ITCM CAMPUS 3, 89603 Tamps.



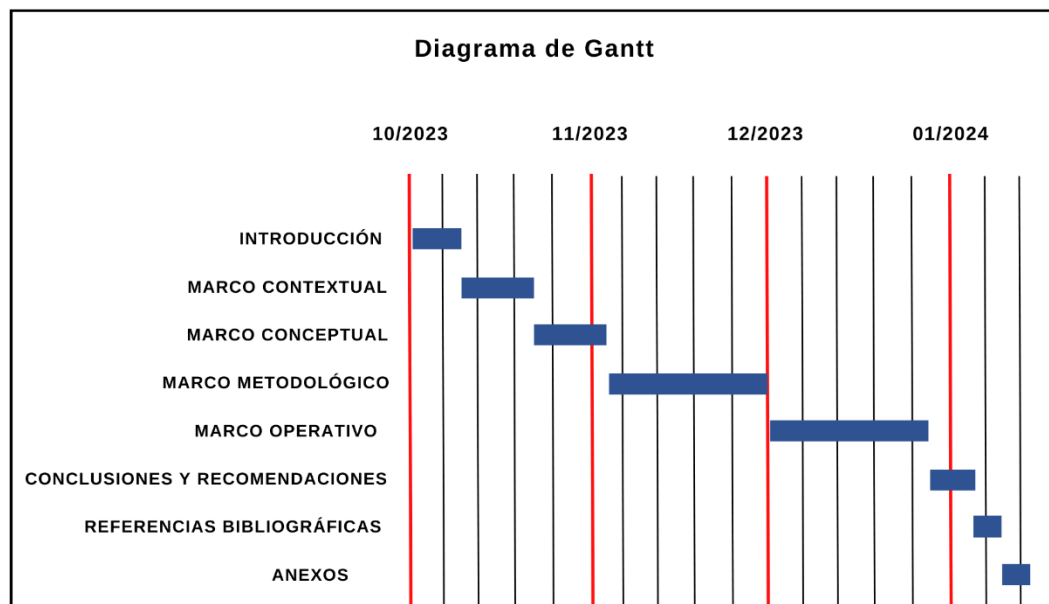
PLANOS GEOGRÁFICOS



Organigrama



Cronograma



Capítulo 2: Marco Teórico

2.1 Ergonomía.

Actualmente muchas áreas de trabajo o productos orientados a diferentes labores carecen de un diseño con enfoque a la ergonomía, este aspecto hace que el propio trabajador llegue a presentar incomodidad o dificultades al desempeñar sus actividades.

Debido a esto, un porcentaje representativo de la población desarrolla una amplia variedad o tipos de lesiones relacionadas a las labores que realiza diariamente en su puesto. Por lo tanto, este trabajo busca el desarrollo de un estudio antropométrico aplicado a un producto orientado al sector agrícola, la principal función de este estudio será el desarrollo de intervalos de ajuste basado en las medidas anatómicas del consumidor final.

Antes de abordar el concepto de antropometría, es importante mencionar la relación que tiene la ergonomía con el concepto anterior, y la importancia de esta en el ambiente laboral.

2.1.1 Definición de ergonomía.

De acuerdo con Sánchez, M. G. O. (2017), "la ergonomía es la disciplina científica que trata de las interacciones entre los seres humanos y otros elementos de un sistema, así como la profesión que aplica teoría, principios, datos y métodos al diseño con el fin de optimizar el bienestar del ser humano y el resultado global del sistema" (p.11).

Complementando dicha definición, el concepto de ergonomía se puede asociar a los aspectos que deben ser estudiados y tomados en cuenta al momento de diseñar un área o estación de trabajo, además de considerar las necesidades de acuerdo con la naturaleza del trabajo y del operador.

Esta además buscará la salud y bienestar del trabajador, el desarrollo de un sistema adecuado para un correcto funcionamiento y la mayor eficacia que se pueda obtener en la estación de trabajo diseñada basada en un enfoque ergonómico.

Sánchez, M. G. O. (2017) menciona que el principal objetivo de la ergonomía es adaptar los equipos, las tareas y las herramientas a las necesidades y capacidades de los seres humanos, mejorando su eficiencia, seguridad, eficacia y comodidad.

Debido a que la ergonomía busca la adaptación del entorno al trabajador, es primordial contar con parámetros de medición, es por ello que las medidas anatómicas será una parte fundamental para poder desarrollar e implementar un diseño ergonómico.

De acuerdo con la International Ergonomics Association, la ergonomía se clasifica en tres grandes grupos:

- a) Ergonomía física. Se ocupa de los factores fisiológicos, biomecánicos y antropométricos involucrados en las situaciones de trabajo con un fuerte componente físico.
- b) Ergonomía cognitiva. Se encarga de los procesos mentales, tales como la percepción, la memoria, el razonamiento y la respuesta motriz.
- c) Ergonomía organizacional. Se concentra en la optimización de los sistemas sociotécnicos, en los que se incluyen las estructuras organizacionales, políticas y procesos (Sánchez, M. G. O.,2017).

La ergonomía física desempeñará un amplio porcentaje de actuación en el desarrollo de este proyecto, ya que se encargará de orientarlo para encontrar los factores biomecánicos y antropométricos de mayor relevancia.

2.2 Antropometría.

El ser humano es quien realiza las operaciones de un proceso, ya sea de generación de bienes o de servicios, por lo que debe estar cómodo, seguro y confortable al realizar sus actividades laborales.

En consecuencia, el estudio del cuerpo del ser humano repercutirá en el proceso de diseño de una estación de trabajo, además de generar una mayor posibilidad para lograr los objetivos planteados en un inicio.

Una rama de estudio adecuada para realizar esa labor es la antropometría, la cual nos permite medir y evaluar la estructura anatómica de una población determinada.

2.2.1 Definición de antropometría.

Actualmente, la antropometría es una disciplina fundamental en el ámbito laboral tanto en relación con la seguridad como con la ergonomía, pues permite crear un entorno de trabajo adecuado mediante un diseño correcto de los equipos y su adecuada distribución.

Pedro R. Mondelo (1992) define a la antropometría como la disciplina que describe las diferencias cuantitativas de las medidas del cuerpo humano y estudia sus dimensiones tomando como referencia distintas estructuras anatómicas.

Siguiendo ese concepto planteado, la población a la que estará dirigida el producto presentará un margen considerable de variación en sus estructuras anatómicas. Por esa razón, uno de los principales objetivos es la búsqueda e implementación de un rango de ajuste del dispositivo, con la finalidad de conseguir un diseño apto para la mayoría de la población, que no presente

dificultades al momento de utilizarlo y sea cómodo para poder usar por largos periodos de tiempo.

La antropometría puede presentar una serie de clasificaciones, pero principalmente se divide en dos tipos, antropometría estática y dinámica. A continuación, se hará referencia a estos conceptos y sus principales diferencias.

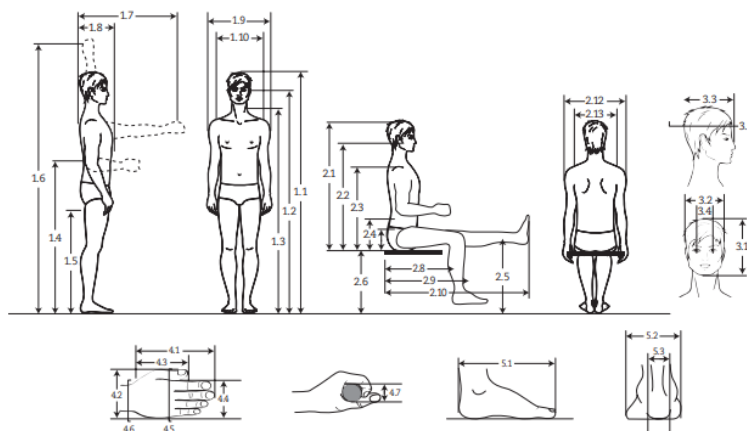
2.2.2 Antropometría estática.

Según Sánchez, M. G. O. (2017), la antropometría estática mide al cuerpo mientras éste se encuentra fijo en una posición, lo que permite medir el esqueleto entre puntos anatómicos específicos.

Este tipo de antropometría hace referencia a la medición de segmentos del cuerpo mediante la utilización de puntos específicos, como puede ser pliegues, articulaciones o mediante el uso ejes que permitan la medición anatómica. Así mismo, puede ser utilizada para el diseño de productos que no impliquen un amplio campo de movimientos, entre estos se pueden encontrar cascos, guantes, lentes, entre otros.

Figura 1

Ejemplo de antropometría estática y su dimensionamiento



2.2.3 Antropometría dinámica

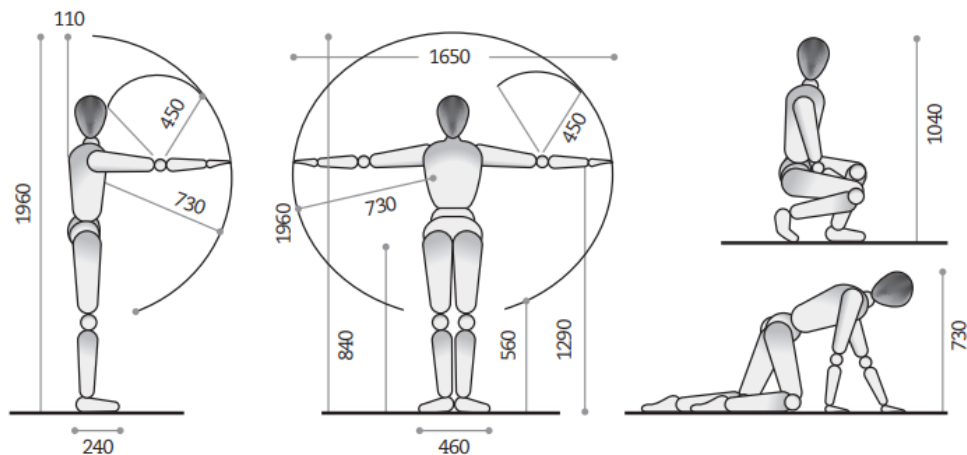
La antropometría dinámica o funcional, por su parte, se refiere a aquella que realiza mediciones y cálculos mientras el cuerpo se encuentra en movimiento, lo que facilita establecer, por ejemplo, que el alcance real de una persona con el brazo no corresponde solo a la longitud de este, sino al alcance adicional que proporciona el movimiento del hombro y el tronco cuando una persona realiza una tarea (Sánchez, M. G. O., 2017).

Como se menciona, la principal diferencia entre ambos tipos de antropometría es el estado en que se encuentra la persona que será sujeto de medición.

También cabe mencionar que la antropometría dinámica será ideal para obtener mediciones mejor adaptadas a labores que ocupen un movimiento constante en el operador, por ejemplo, en una línea de ensamble podría ser de mucha utilidad para diseñar la distribución y dimensiones del área del trabajador.

Figura 2

Ejemplo de antropometría dinámica y su dimensionamiento



Para realizar el procedimiento de manera correcta es necesario conocer los instrumentos de medición y como utilizarlos, además de tener un conocimiento previo de los puntos o estructuras anatómicas que servirán como referencia para la evaluación antropométrica.

2.3 Métodos de evaluación ergonómica.

Hoy en día existen una gran variedad de métodos que nos permiten medir y evaluar el cuerpo del operador, además de diferentes parámetros cognitivos del operador o factores ambientales que rodean a este.

Dichos métodos pueden llegar a estar orientados a diferentes enfoques, ya sea que estén centrados en el operador, en el ambiente o en ambos. Es por lo que debemos identificar correctamente nuestro objetivo, de manera que el método a seleccionar sea el adecuado para poder darle seguimiento y evaluación a dicho estudio.

De acuerdo con Lite, A. S., García, M. G., & del Campo, M. Á. M. (2007), se puede definir la ergonomía como la ciencia del trabajo, que elimina las barreras que se oponen a un trabajo humano seguro, productivo y de calidad, mediante el adecuado ajuste de productos, tareas y ambiente de trabajo.

Siguiendo ese concepto, podemos observar que el ajuste o adaptación puede tener distintos objetivos, como el ajuste a productos y sus rangos de ajuste con los que cuenta para el usuario, tareas, teniendo a consideración la secuencia o procedimiento a implementar, finalmente el ambiente de trabajo, generando un área con pleno control de los factores que la rodean.

Lite, A. S., García, M. G., & del Campo, M. Á. M. (2007) menciona lo siguiente, Algunos de los factores que han provocado la necesidad de considerar aspectos ergonómicos en el trabajo son:

- Mayor edad útil del trabajador
- Cambios en los valores de las personas
- Desarrollo de la tecnología
- Globalización de la competencia

Debido a estos distintos factores es de gran utilidad la implementación de diseños ergonómicos en las estaciones de trabajo, con el fin de conservar la integridad del operador, generar dicho hábito y promoviendo este enfoque para que se utilice por la mayoría de las empresas o compañías.

González (2003), afirma que los puestos de trabajo deben encontrarse en condiciones óptimas de seguridad para que la utilización de los mismos no origine riesgos para la seguridad y salud de los trabajadores.

Apoyando esta idea, el puesto de trabajo es el sitio donde el personal permanece durante largas horas a razón de su trabajo, por lo que es importante contar con diseños ergonómicos con la finalidad de prevenir y evitar lesiones o daños en los trabajadores.

Dichas afectaciones pueden surgir por no contar con el mobiliario o equipos correctos, que estos no estén adecuados a las dimensiones físicas del usuario o que no cuenten con un correcto diseño, obstaculizando y volviendo incómodas las labores del trabajador.

Escalante, M. (2009) menciona que diseñar puestos ergonómicamente motivará al trabajador, incrementará la productividad y por consiguiente mejorará el nivel de vida.

Debido a tales beneficios que se pueden obtener es que se busca continuamente que las empresas implementen enfoques ergonómicos en los diseños de puestos de trabajo, creando así una cultura que tome en consideración el bienestar del trabajador.

Como se mencionó anteriormente, existen distintos métodos de medición ergonómica y la selección de estos dependerá del enfoque al que esté dirigido dicho estudio. Realizar correctamente la elección del método a seguir, tendrá directas repercusiones en el cumplimiento de los objetivos de este estudio.

De acuerdo con Andrade, R. C. D. (2017), los métodos de evaluación ergonómica permiten identificar y valorar los diferentes factores de riesgos presente en los puestos de trabajo para, posteriormente, basado en los resultados obtenidos, plantear opciones de rediseño que reduzcan el riesgo y que proporcionen niveles aceptables de exposición para el trabajador.

Además, dicho autor nos presenta la siguiente figura, con la finalidad de poder identificar correctamente el método de estudio a seleccionar, dependiendo de los aspectos que estén implicados en la medición.

Figura 3

Selección del método de evaluación ergonómica



2.3.1 RULA.

Se encuentra entre una de las principales metodologías utilizadas para estudios ergonómicos, ya que esta ofrece información relevante acerca de la carga postural que recibe el operario, además de utilizar un sistema de evaluación para medir la exposición de cada parte del cuerpo de la persona, tomando en consideración la postura, la fuerza aplicada y la repetición del movimiento.

De acuerdo con Rodríguez Sáez, S. (2013), las medidas son fundamentalmente en función de los ángulos que forman los diferentes segmentos del cuerpo analizados respecto a referencias previamente establecidas. Las más comunes son la línea media, que divide en derecha e izquierda el cuerpo, o la vertical. Las mediciones pueden analizarse a simple vista o con ayuda de algún instrumento apropiado para la medición de ángulos.

Debido a que se consideran diferentes ángulos y planos para realizar las mediciones, es que este método tiene una amplia efectividad a la hora de desarrollar el estudio, ofreciendo así datos de suma importancia para poder observar y analizar la carga postural que presentan los usuarios.

Además, dichas secciones a evaluar deberán ser medidas mediante instrumentos que nos permitan conocer con exactitud los ángulos que presenta el usuario, con la finalidad de que los datos obtenidos sean veraces.

Rodríguez Sáez, S. (2013) menciona que el método RULA divide el cuerpo en dos grupos bien diferenciados:

- Grupo A: Formado por los miembros superiores. Se desglosan en brazo, antebrazo y muñeca. En ésta última se tendrá en cuenta, además, la pronación o supinación de la misma. La puntuación depende del ángulo de flexión o extensión de las extremidades.

- Grupo B: Formado por el cuello, el tronco y las piernas.

Figura 4

Diagrama: Grupo A

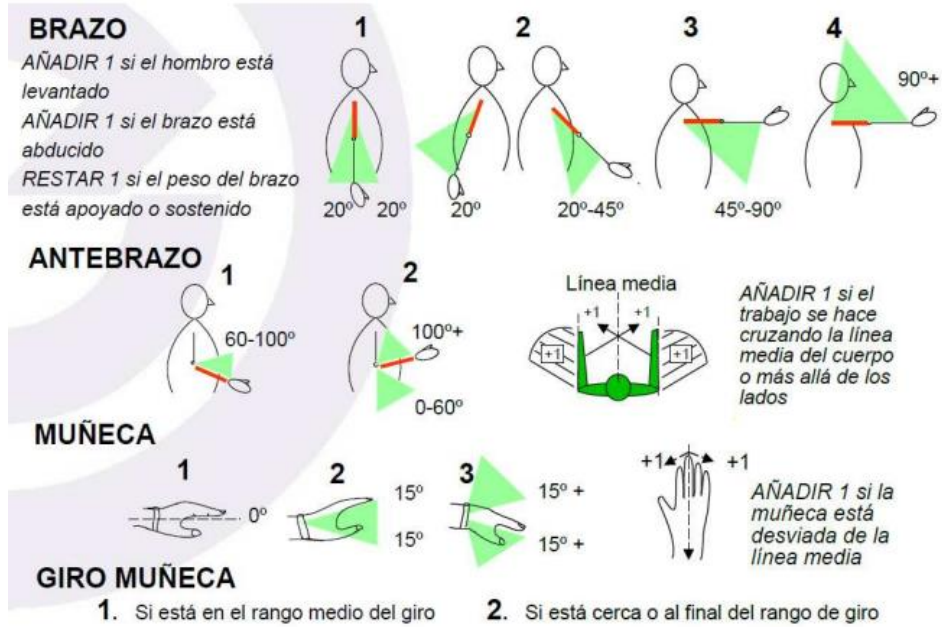
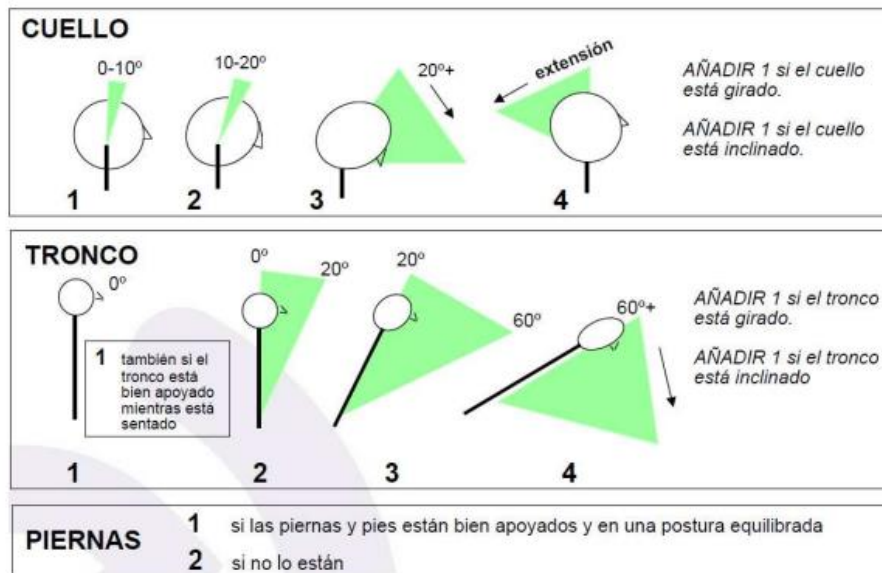


Figura 5

Diagrama: Grupo B



Además de contar con los gráficos anteriormente presentados, dicha metodología está compuesta por un sistema de evaluación de puntos, por medio de la cual obtendrá un valor final y categorizará a cada tarea en un segmento o valor de carga postural.

La puntuación de carga postural que obtenga el usuario determinará el rango de exposición que presenta y sus posibles afectaciones, es por lo que si este no se encuentra en un valor aceptable se debe proceder con adaptaciones en la estación de trabajo para conservar la integridad del trabajador y prevenir cualquier riesgo.

Rodríguez Sáez, S. (2013) presenta los siguientes esquemas de evaluación de posturas:

Figura 6

Sistema de Evaluación: Grupo A

Grupo A	Ángulos	Puntuación	Ponderación
Brazo	0°-20° flexión o extensión sobre vertical.	1	+1 si levanta los hombros.
	20°-45° flexión o extensión sobre vertical.	2	+1 si el brazo está abducido o rotado.
	45°-90° flexión o extensión sobre vertical.	3	
	>90° flexión o extensión sobre vertical.	4	-1 si el brazo está apoyado.
Antebrazo	60°-100° flexión o extensión sobre vertical.	1	+1 si cruza la línea media
	0°-60° o >100° flexión o extensión sobre vertical.	2	
Muñeca	0° sobre horizontal.	1	+1 si se desvía radial o cubitalmente de la línea media
	0°- 15° sobre horizontal.	2	
	>15° sobre horizontal.	3	

Figura 7

Sistema de Evaluación: Grupo B

Grupo B	Ángulos	Puntuación	Ponderación
Cuello	0°-10° flexión sobre vertical.	1	+1 si el cuello está rotado.
	10°-20° flexión sobre vertical.	2	+1 si el cuello está inclinado lateralmente.
	>20° flexión sobre vertical.	3	
	Extensión sobre vertical	4	
Tronco	0° sobre vertical. Sentado y bien apoyado.	1	+1 si el tronco está rotado.
	0°-20° flexión sobre vertical.	2	+1 si el tronco está inclinado lateralmente.
	20°-60° flexión sobre vertical.	3	
	>60° flexión sobre vertical.	4	
Piernas.		1	Sentado o con el peso equilibrado sobre ambos pies.
		2	Peso se sustenta sobre uno de los pies o pies no apoyados.

Uno de los objetivos de este método, es la prevención de trastornos musculoesqueléticos, estos surgen debido a las incorrectas posturas adoptadas por los trabajadores, los cuales permanecen largas jornadas de trabajo soportando dicha carga postural.

De acuerdo con Rodríguez Sáez, S. (2013), la importancia de los trastornos musculoesqueléticos se deriva del excesivo número de incidencia en todos los sectores y que causa un elevado número de bajas al año, que repercuten directamente en la salud del trabajador y en la productividad y economía de la empresa.

Además, Arenas-Ortiz, L., & Cantú-Gómez, Ó. (2013) mencionan que la Organización Internacional del Trabajo establece que las consecuencias de la sobrecarga muscular en las actividades laborales dependen del grado de carga física que experimenta un trabajador en el curso de un trabajo muscular, del tamaño de la masa muscular que interviene, del tipo de contracciones (estáticas o dinámicas), de la intensidad y de características individuales.

De estos aspectos parte la importancia de las implementaciones de metodologías orientadas a la ergonomía, como lo es el método RULA, logrando así la prevención y reducción de trastornos musculoesqueléticos.

2.3.2 REBA.

Este método permite el análisis de algunos movimientos del brazo, la muñeca, el tronco, el cuello y las piernas. Considera también la postura y rotación del cuerpo para llevar a cabo la valoración y el análisis de la actividad, para prevenir y evitar que el trabajador sufra alguna disfunción corporal debido a la mala postura que adopta al realizar sus labores.

Fragoso, S. E. B. (2020) menciona que REBA fue propuesto por Hignett y McAtamney en el Reino Unido como un requisito observado dentro de la gama de herramientas de análisis de postura, específicamente con la sensibilidad al tipo de posiciones de trabajo cambiantes que se encuentran en la asistencia sanitaria y otras industrias. REBA proporciona una medida rápida y fácil de evaluar una variedad de posturas de trabajo para el riesgo de WMSDs.

En la actualidad un gran número de estudios avalan los resultados proporcionados por el método REBA, catalogándolo como una de las herramientas más utilizadas para el análisis de carga postural.

De acuerdo con Fragoso, S. E. B. (2020), la evaluación REBA es adecuada para la evaluación de todo el cuerpo y la mejor para trabajos tanto estáticos como dinámicos.

Como se puede apreciar, este método tiene una gran variedad de usos en el campo de la ergonomía, proporcionándonos información relevante sobre la carga postural que sufren los operadores, el riesgo que presentan y en base a dichos datos, poder tomar una acción correctiva para prevenir cualquier tipo de trastorno musculoesquelético.

Además, Cuixart, S. N. (2001) indica que esta metodología se ha desarrollado para dar respuesta a la necesidad de disponer de una herramienta que sea capaz de medir los aspectos referentes a la carga física de los trabajadores; el análisis puede realizarse antes o después de una intervención para demostrar que se ha rebajado el riesgo de padecer una lesión; da una valoración rápida y sistemática del riesgo postural del cuerpo entero que puede tener el trabajador debido a su trabajo.

La información requerida por el método es básicamente la siguiente:

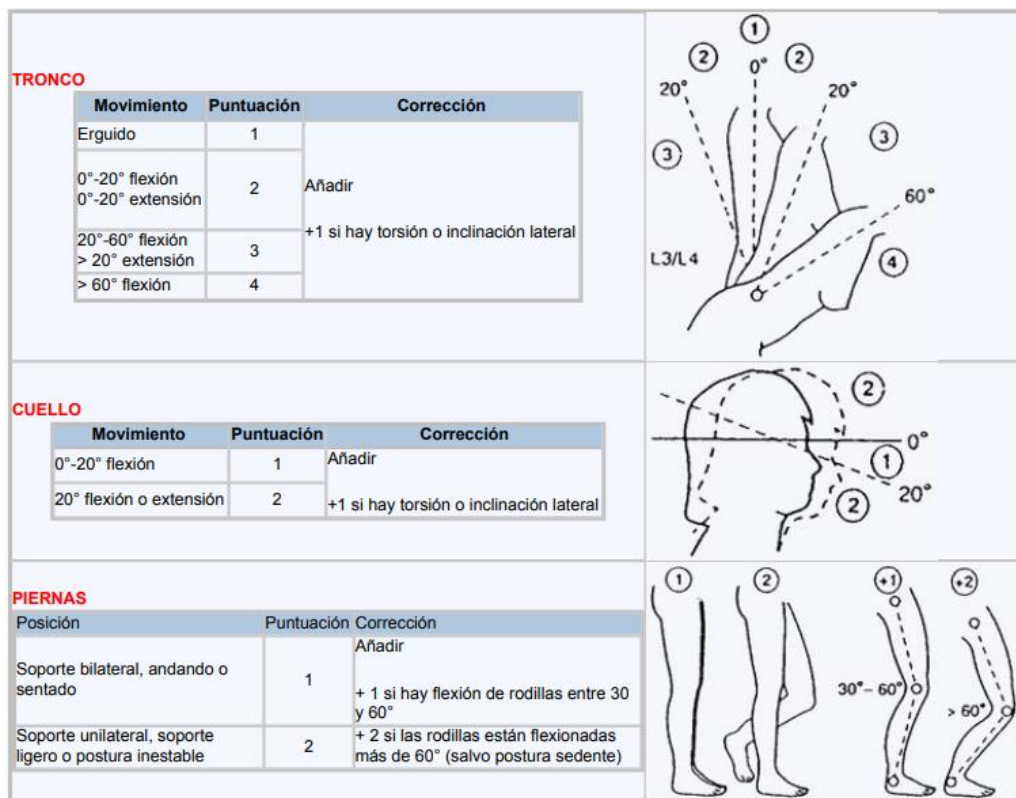
- Los ángulos formados por las diferentes partes del cuerpo (tronco, cuello, piernas, brazo, antebrazo, muñeca) con respecto a determinadas posiciones de referencia.
- La carga o fuerza manejada por el trabajador al adoptar la postura en estudio indicada, la cual se estimará en kilogramos
- El tipo de agarre de la carga manejada manualmente o mediante otras partes del cuerpo.
- Las características de la actividad muscular desarrollada por el trabajador (estática, dinámica o sujeta a posibles cambios bruscos).

En similitud con la metodología anterior, el método REBA está constituido por dos grupos: el A, que incluye tronco, cuello y piernas, y el B, conformado por brazos y muñecas de las manos.

Esta segmentación, permitirá tener una mayor cantidad de variables a medir, ya que no solo se analizará las partes del cuerpo del operador, sino también los ángulos en los que estas permanecen durante sus actividades, para después utilizar un sistema de evaluación por puntos, para lograr calcular el riesgo y carga postural del trabajador.

Figura 8

Método REBA: Grupo A

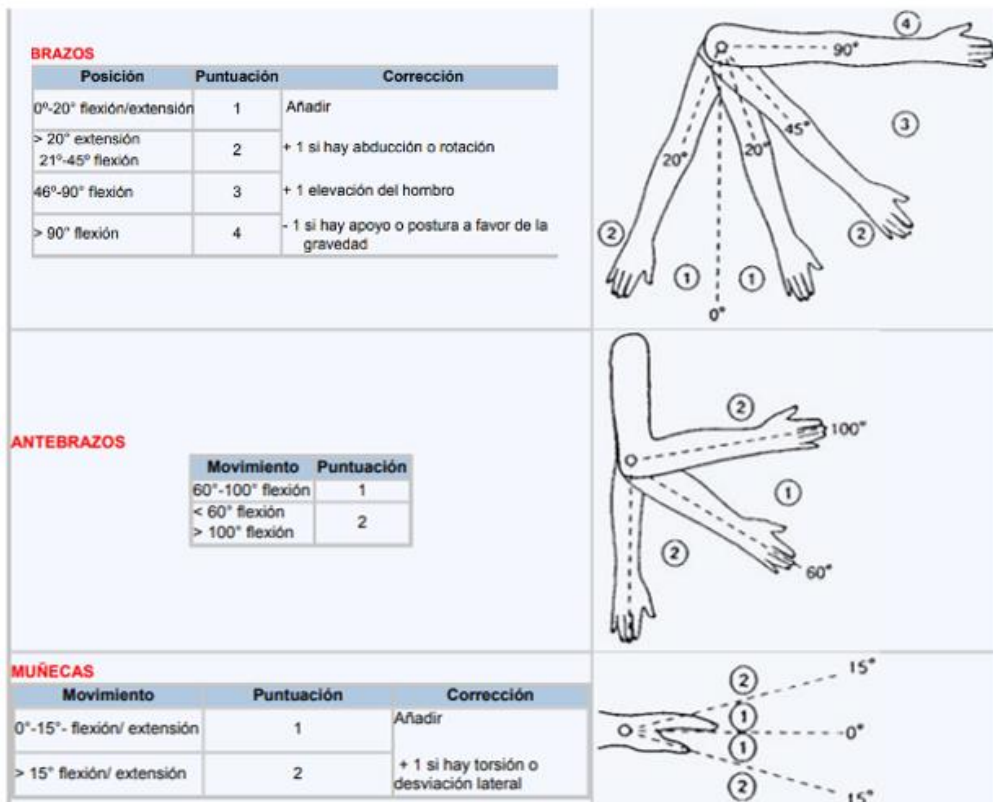


El grupo A tiene un total de 60 combinaciones posturales para el tronco, cuello y piernas. La puntuación obtenida de la tabla A estará comprendida

entre 1 y 9; a este valor se le debe añadir la puntuación resultante de la carga/ fuerza cuyo rango está entre 0 y 3.

Figura 9

Método REBA: Grupo B



El grupo B tiene un total de 36 combinaciones posturales para la parte superior del brazo, parte inferior del brazo y muñecas, la puntuación final de este grupo está entre 0 y 9; a este resultado se le debe añadir el obtenido de la tabla de agarre, es decir, de 0 a 3 puntos.

Una vez que se pudo apreciar la división de los grupos y su composición de acuerdo con las partes del cuerpo evaluarán, se prosigue a presentar el sistema de evaluación, mostrando las tablas de puntuación contemplando la fuerza o carga empleada para el grupo A, y el agarre utilizado para el grupo B.

Figura 10

Evaluación Grupo A

		Cuello											
		1				2				3			
Piernas		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Tronco	1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6
	2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
	3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
	4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9
	5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9

TABLA CARGA/FUERZA

0	1	2	+1
inferior a 5 kg	5-10 kg	10 kg	instauración rápida o brusca

Figura 11

Evaluación Grupo B

		Antebrazo					
		1			2		
Muñeca		1	2	3	1	2	3
Brazo	1	1	2	2	1	2	3
	2	1	2	3	2	3	4
	3	3	4	5	4	5	5
	4	4	5	5	5	6	7
	5	6	7	8	7	8	8
	6	7	8	8	8	9	9

AGARRE

0 - Bueno	1- Regular	2 - Malo	3 - Inaceptable
Buen agarre y fuerza de agarre.	Agarre aceptable.	Agarre posible pero no aceptable	Incómodo, sin agarre manual. Aceptable usando otras partes del cuerpo.

Una vez evaluados los dos grupos se procede a realizar el conteo de puntos de acuerdo con las evaluaciones obtenidas.

Dicha sumatoria nos dará un valor total, el cual estará contemplando a toda la actividad, la cual deberá ser comparada con la siguiente tabla de puntuación de la actividad.

Figura 12

Puntuación de la actividad

Puntuación A	Puntuación B												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
	2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
	3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
	4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
	5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
	6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
	7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
	8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
	9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
	10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Actividad	+1: Una o más partes del cuerpo estáticas, por ej. aguantadas más de 1 min.												
	+1: Movimientos repetitivos, por ej. repetición superior a 4 veces/minuto.												
	+1: Cambios posturales importantes o posturas inestables.												

Tal como se ha comentado anteriormente, a las combinaciones posturales finales hay que sumarle las puntuaciones correspondientes al concepto de puntuaciones de carga, al acoplamiento y a las actividades; esto nos dará la puntuación final REBA, que estará comprendida en un rango de 1-15 puntos. Lo que nos indicará el riesgo que supone desarrollar el tipo de tarea analizado y nos indicará los niveles de acción necesarios en cada caso.

Figura 13

Niveles de riesgo y acción

Nivel de acción	Puntuación	Nivel de riesgo	Intervención y posterior análisis
0	1	Inapreciable	No necesario
1	2-3	Bajo	Puede ser necesario
2	4-7	Medio	Necesario
3	8-10	Alto	Necesario pronto
4	11-15	Muy alto	Actuación inmediata

Se deberán interpretar los niveles de riesgo, y en base a estos tomar una acción correctiva adecuada.

2.3.3 Niosh.

La metodología consta de una ecuación, la cual fue desarrollada por el Instituto de seguridad y salud ocupacional o The national institute for occupational safety and health (NIOSH) en 1981 y aprobada en 1994 incluyendo nuevos factores como el manejo asimétrico de cargas, la duración de las tareas, la frecuencia de los levantamientos y la calidad del agarre.

El objetivo del método es prevenir o reducir la aparición de dolores lumbares entre los trabajadores y paliar otros problemas musculo esqueléticos asociados a los levantamientos de cargas, como dolores de brazos y espaldas.

Según Combarros Arias, A. (2013), el método NIOSH consiste en calcular un Índice de Levantamiento (IL), que proporciona una estimación relativa del nivel de riesgo asociado a una tarea de levantamiento manual concreta.

Por otro lado, Valois Cuero, M. N., & Rivera Peñuela, J. (2019) menciona que la ecuación de NIOSH es un método que incluye una ecuación para calcular el peso máximo recomendado para tareas de levantamiento de cargar con dos manos, con el fin de controlar y mitigar los riesgos a desarrollar lesiones musculo tendinosas de origen laboral a nivel lumbar.

La ecuación calcula el peso recomendado (RWL) para una determinada actividad a partir de una constante de carga y de diversos factores que toman el valor de 1 en el caso de tratarse de un levantamiento en condiciones óptimas, y valores más cercanos a 0 cuanto mayor sea la desviación de las condiciones ideales de levantamiento.

De esta manera se puede calcular el peso de carga que la mayoría de los trabajadores sanos puede manipular, sin que este incremente el riesgo de desarrollar patologías o padecimientos lumbares por la sobrecarga.

Los factores tenidos en cuenta son:

- Constante de carga (LC): el peso máximo recomendado es de 23Kg, este valor es el que podría ser levantado sin problemas, por el 75% de las mujeres y el 90% de los hombres.

- Factor de distancia horizontal (HM): la localización estándar de levantamiento es la posición considerada óptima para llevar a cabo el levantamiento, esta postura se da cuando la distancia entre el punto medio de agarre y el punto medio entre los tobillos es de 25 cm, y la vertical desde el punto de agarre hasta el suelo es de 75 cm.

Figura 14

Localización estándar de levantamiento



- Factor de altura (VM): considerando una altura óptima de 75 cm, el valor del factor de altura se determina mediante la siguiente ecuación:

Figura 15

Ecuación factor de la altura

$$VM = \begin{cases} 1 & \text{si } V = 75\text{cm} \\ (1 - 0,003 | V - 75 |) & \text{si } V \neq 75\text{cm} \end{cases}$$

- Factor de desplazamiento vertical (DM): penaliza los levantamientos en los que el recorrido vertical de la carga es grande. Se determina mediante la diferencia de altura inicial y final de la carga (D): $D = V_{\text{origen}} - V_{\text{destino}}$

A partir de este dato, el factor de desplazamiento vertical se calcula con la siguiente fórmula:

Figura 16

Fórmula factor de desplazamiento vertical

$$DM = \begin{cases} 1 & \text{si } D < 25\text{cm} \\ 0,82 + \frac{4,5}{D} & \text{si } 25 \leq D \leq 175\text{cm} \\ 0 & \text{si } D > 175\text{cm} \end{cases}$$

- Factor de asimetría (AM): se considera movimiento asimétrico aquel que comienza o termina fuera del plano sagital del trabajador, lo que implica una torsión del tronco.

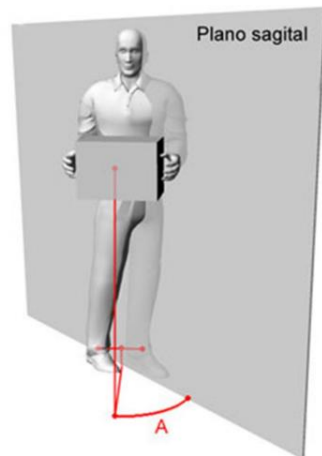
La ecuación que permite el cálculo de este factor es la siguiente:

$$AM = 1 - (0,0032A)$$

Donde A es el ángulo de giro en grados, medido desde el origen hasta el destino.

Figura 17

Plano sagital



- Factor de frecuencia (FM): este factor se define a partir de la frecuencia, la duración de la tarea de levantamiento y la altura de estos.

La frecuencia de levantamiento se mide en elevaciones por minuto y se determina observando al trabajador en un período de 15 minutos.

- Factor de agarre o acoplamiento (CM): este factor se obtiene según la facilidad del agarre y la altura vertical del manejo de la carga según la siguiente tabla:

Figura 18

Factor de agarre

Tipo de agarre	Factor de agarre	
	V<75	V>75
Bueno	1,00	1,00
Regular	0,95	1,00
Malo	0,90	0,90

Índice de levantamiento simple (IL): el índice de levantamiento es un término que proporciona una estimación relativa del nivel de estrés físico asociado con la tarea de levantamiento, asumiendo que el riesgo de lesión crece a medida que aumenta este índice, la ecuación es:

$$IL = \frac{PESO\ REAL}{RWL}$$

En función del resultado de este índice pueden definirse tres zonas de actuación:

- $IL < 1$: zona de riesgo limitado: la mayoría de los trabajadores que realicen este tipo de tareas no debería tener problemas.
- $1 < IL < 3$: incremento moderado del riesgo: algunos trabajadores pueden sufrir dolencias o lesiones si realizan estas tareas. Las tareas de este tipo deben rediseñarse o asignarse a trabajadores seleccionados que se someterán a un control.
- $IL > 3$: incremento acusado del riesgo: este tipo de tarea es inaceptable desde el punto de vista ergonómico y debe ser modificada.

De esta forma la ecuación de NIOSH puede evaluar a un operador, y determinar si las actividades que realiza originan alguna afectación o deterioro en su salud, en caso de que sea así, deben implementarse medidas correctivas cuanto antes.

2.3.4 OWAS

Es un método factible y eficiente propuesto al análisis ergonómico de la carga postural. Su aplicación, proporciona resultados favorables, tanto en la mejora de la comodidad de los puestos, como en el aumento de la calidad de la producción.

La toma de datos, o registro de posiciones, puede realizarse mediante la observación del trabajador, el análisis de fotografías, o a partir de filmaciones. Se estima que, a mayor número de posturas observadas, menor es el error del observador.

De acuerdo con Sánchez, J., Ordaz, C. (2013), el método OWAS permite identificar hasta 252 posiciones distintas como resultado de combinar las posiciones de la espalda, los brazos, las piernas, y carga levantada.

Esta amplia variedad de combinaciones nos permite tener una mejor valoración de acuerdo con la postura que toma cada trabajador, puntuando individualmente a cada segmento del cuerpo a evaluar. De esta manera se puede tener una mayor veracidad y fiabilidad.

La evaluación antes mencionada, estará seccionada en los cuatro segmentos o grupos, los cuales deberán ser puntuados de acuerdo con la postura que realiza cada uno de estos.

Se asignan cuatro dígitos a cada una de las posturas que se observa de acuerdo a la posición de la espalda, brazos, piernas como también la carga que soporta, así se configura el código de postura para toda la observación dividida en diversas fases (Nogareda, 1997).

Clasificación del código de posturas:

- Posiciones de la espalda: Primer dígito

Puede presentar una variedad de 4 posiciones, si la posición de la espalda es derecha, doblada, con giro o doblada con giro, se le asignará un valor determinado con respecto a la siguiente figura.

Figura 19

Codificación de las posiciones de la espalda

Posición de espalda		Primer dígito del Código de postura
Espalda derecha El eje del tronco del trabajador está alineado con el eje caderas-piernas.		1
Espalda doblada Existe flexión del tronco. Aunque el método no explicita a partir de qué ángulo se da esta circunstancia, puede considerarse que ocurre para inclinaciones mayores de 20° (Mattila et al., 1999).		2
Espalda con giro Existe torsión del tronco o inclinación lateral superior a 20°.		3
Espalda doblada con giro Existe flexión del tronco y giro (o inclinación) de forma simultánea.		4

- Posiciones de los brazos: segundo dígito

Sera previamente analizada la posición de los brazos, la puntuación es 1 si los dos brazos están bajos, 2 si uno está abajo y el otro elevado y, finalmente, 3 si los dos brazos están elevados.

Figura 20

Codificación de las posiciones de los brazos

Posición de los brazos		Segundo dígito del Código de postura
Los dos brazos bajos Ambos brazos del trabajador están situados bajo el nivel de los hombros.		1
Un brazo bajo y el otro elevado Un brazo del trabajador está situado bajo el nivel de los hombros y el otro, o parte del otro, está situado por encima del nivel de los hombros.		2
Los dos brazos elevados Ambos brazos (o parte de los brazos) del trabajador están situados por encima del nivel de los hombros.		3

- Posiciones de las piernas: tercer dígito

Con las piernas se completa los tres dígitos de código de postura que identifican las partes del cuerpo analizadas por el método, considerando como relevantes 7 posiciones diferentes.

Figura 21

Codificación de las posiciones de las piernas

Posición de las piernas		Tercer dígito del Código de postura
Sentado		1
De pie con las dos piernas rectas con el peso equilibrado entre ambas		2
De pie con una pierna recta y la otra flexionada con el peso desequilibrado entre ambas		3
De pie o en cuclillas con las dos piernas flexionadas y el peso equilibrado entre ambas Aunque el método no explicita a partir de qué ángulo se da esta circunstancia, puede considerarse que ocurre para ángulos muslo-pantorrilla inferiores o iguales a 150° (Mattila et al., 1999). Ángulos mayores serán considerados piernas rectas.		4
De pie o en cuclillas con las dos piernas flexionadas y el peso desequilibrado entre ambas Puede considerarse que ocurre para ángulos muslo-pantorrilla inferiores o iguales a 150° (Mattila et al., 1999). Ángulos mayores serán considerados piernas rectas.		5
Arrodillado El trabajador apoya una o las dos rodillas en el suelo.		6
Andando		7

- Cargas y fuerzas soportadas: cuarto dígito

Se determinará el rango de las cargas y fuerzas soportadas según los códigos de posturas que se presentan en la siguiente figura.

Figura 22

Codificación de las cargas y fuerzas soportadas

Cargas y fuerzas soportadas	Cuarto dígito del código de postura
Menos de 10 kilogramos	1
Entre 10 y 20 kilogramos	2
Más de 20 kilogramos	3

Tongombol Chuquimango, D. V., & Cartolin Marcelo, F. K. (2019) mencionan que la metodología tiene cuatro niveles de riesgo, donde señalan los efectos que pueden suscitarse en el sistema musculo esquelético que se obtiene en cada postura que es evaluada por consiguiente la acción correctiva que se debe tomar para ellas.

Figura 23

Categorías de riesgo y acciones correctivas

Categoría de riesgo	Efectos sobre el sistema músculo-esquelético	Acción correctiva
1	Postura normal sin efectos dañinos en el sistema músculo-esquelético.	No requiere acción.
2	Posturas con posibilidad de causar daño al sistema músculo-esquelético.	Se requieren acciones correctivas en un futuro cercano.
3	Postura con efectos dañinos sobre el sistema músculo-esquelético.	Se requieren acciones correctivas lo antes posible.
4	La carga causada por esta postura tiene efectos sumamente dañinos sobre el sistema músculo-esquelético.	Se requiere tomar acciones correctivas de manera inmediata.

El código de la postura asignado se utiliza para calcular la categoría de riesgo y de acción, la cual se establece con una calificación de 1 a 4. A partir de la combinación de la posición de la espalda, los brazos, las piernas y la carga manipulada o fuerza, se obtiene la categoría de fuerza y de acción.

Figura 24

Carga manipulada respecto a la fuerza

		Piernas																							
		1			2			3			4			5			6			7					
		Carga manipulada / fuerza																							
Espalda	Brazos	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1			
	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1			
	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	3	2	2	3	1	1	1	1	1	2			
2	1	2	2	3	2	2	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	3	3			
	2	2	2	3	2	2	3	2	3	3	3	4	4	3	4	4	3	3	4	2	3	4			
	3	3	3	4	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4			
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	3	4	4	4	1	1	1	1	1	1			
	2	2	2	3	1	1	1	1	1	2	4	4	4	4	4	4	3	3	3	1	1	1			
	3	2	2	3	1	1	1	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1			
4	1	2	3	3	2	2	3	2	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4			
	2	3	3	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4			
	2	4	4	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4			

Posteriormente se debe calcular el número de veces que se repite cada posición de una parte del cuerpo en relación con las demás durante el tiempo total de las observaciones, y obtener a partir de la frecuencia relativa el porcentaje de tiempo de cada posición.

De esta manera se identificarán las áreas de mayor incomodidad, a fin de llevar a cabo las correcciones pertinentes; asimismo, es importante calcular las categorías de riesgo y de acción en función del porcentaje de tiempo de las diversas posiciones del cuerpo.

Figura 25

Porcentaje de tiempo y posición

Porcentaje de tiempo		≤ 10	≤ 20	≤ 30	≤ 40	≤ 50	≤ 60	≤ 70	≤ 80	≤ 90	≤ 100
Posición de la espalda	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	2	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3
	3	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3
	4	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4
Posición de brazos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	2	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3
	3	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3
Posición de las piernas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
	3	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3
	4	1	1	2	3	3	3	3	4	4	4
	5	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4
	6	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3
	7	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2

2.4 Leguminosas.

Las leguminosas se encuentran entre uno de los principales segmentos de alimentos consumidos en el territorio mexicano, esto debido a su alta siembra y cosecha en nuestro territorio, y a su alto valor nutrimental.

Hoy en día, es uno de los alimentos más consumidos en México, llegando a formar parte de la canasta básica del país, y contribuyendo a la demanda nutrimental de la población, logrando proveer un alto valor proteico a las personas que radican en este país.

Anaya-López, J. L., et al., (2021) menciona que el frijol común, garbanzo, haba, lenteja y caupí están entre las leguminosas de grano más conocidas y consumidas en el mundo. En México el frijol (*Phaseolus* spp.) es el de mayor producción y consumo. De esas cinco especies, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias ha tenido una gran participación tanto en el desarrollo de

variedades de frijol común como de garbanzo blanco de grano grande y de color café de grano pequeño.

La siembra y cosecha de leguminosas es una de las actividades más importantes en nuestro país, no solo por su alto valor nutrimental, sino que también representa una parte importante en la generación de empleos, valor económico para el país y la posibilidad de exportación de productos a otras regiones.

2.4.1 Definición de leguminosas.

Las leguminosas son las plantas de las que se cosechan las legumbres que son un fruto formado por una vaina que encierra en su interior una semilla o una hilera de semillas, que se consumen secas.

Estrada Castellón, et al., (2005) mencionan que el grupo de las leguminosas está constituido por tres familias: Caesalpiniaceae, Mimosaceae y Fabaceae. Se encuentra ampliamente diversificado y distribuido en todo el territorio nacional mostrando variadas formas biológicas.

Dichas semillas contienen altos valores nutricionales para la población, constituyéndolas como uno de los alimentos predilectos para la ingesta de las personas.

En la alimentación humana y animal se utilizan hasta 150 especies de leguminosas, de las que las más relevantes para el consumo humano son judías, lentejas, guisantes, garbanzos, habas y cowpeas. En su composición interesa destacar los contenidos de proteínas, de hidratos de carbono de asimilación lenta, de minerales (calcio, hierro, cinc), fibra (soluble) y algunos componentes bioactivos minoritarios (Alonso, B. O., et al., 2010).

2.4.2 Tipos de leguminosas.

La Secretaría de Agricultura y Derecho Rural (2015) menciona que las principales legumbres consumidas por los humanos son: alfalfa, chícharo, frijol, alubia, garbanzo, habas, ejote, lentejas, cacahuete, y soya, son altamente nutricionales pues contienen: proteínas, hidratos de carbono, lípidos, fibra, minerales y vitaminas.

En México el frijol es considerado como un alimento básico, por ello, es la leguminosa más consumida. Existen más de 70 variedades entre negros, amarillos, blancos, morados, bayos, pintos y moteados.

Debido a que el producto al cual se le realizará el estudio antropométrico está enfocado en la cosecha del frijol, a continuación, se presentarán los principales tipos de esta legumbre.

El mejoramiento genético de frijol en el CE Valle del Guadiana (CEVAG), ubicado en Durango, se enfoca a generar las variedades para la región del altiplano semiárido, donde se produce frijol de los tipos pinto y negro brillante y en menor escala flor de mayo, flor de junio, bayos y garbancillo (Anaya-López, J. L., et al., 2021).

Figura 26

Variedades de frijol desarrolladas por el CE Valle del Guadiana entre 2000 y 2021.

Variedad	Año	Tipo	Cultivo	Atributos
NOD 1	2018	Negro Opaco	Riego	Alto potencial de rendimiento
PID 1	2018	Pinto	Riego	Alto potencial de rendimiento
Dorado	2012	Pinto	Temporal	Grano de oscurecimiento lento
Pinto Bravo	2010	Pinto	Temporal	Grano de oscurecimiento lento
Pinto Coloso	2010	Pinto	Temporal	Grano de oscurecimiento lento
Pinto Centenario	2010	Pinto	Temporal	Grano de oscurecimiento lento
Pinto Libertad	2010	Pinto	Temporal	Grano de oscurecimiento lento
Pinto Centauro	2010	Pinto	Temporal	Grano de Oscurecimiento lento
Pinto Durango	2012	Pinto	Temporal	Grano con propiedades funcionales
Negro Vizcaya	2004	Negro Brillante	Temporal	Roya
Flor de Mayo 2000	2001	Flor de Mayo	Temporal	Tolerante a sequia

2.4.3 Maquinaria utilizada en la cosecha de leguminosas.

La maquinaria utilizada para la cosecha del frijol es diversa, esta estará orientada a diferentes funciones como lo son, prelimpieza y limpieza del frijol, pulimento, clasificación y separación de este mismo.

A continuación, se presenta algunas de las maquinas utilizadas en dichos procesos, las cuales están desarrolladas por la empresa Microm.

El equipo MPLRZ-1 ejecuta con gran eficiencia la limpieza de granos de frijoles, garantizando un producto limpio y dando como resultado una mejor calidad en el producto final, además de proteger sus equipos de cuerpos extraños provenientes de la cosecha y que pueden perjudicar el funcionamiento de los equipos subsiguientes.

Figura 27

MPLRZ-1: Prelimpieza rural para granos



La Zaranda para limpieza de cereales modelo MPLZ-2M fue desarrollada para lograr la separación de impurezas existente entre los granos.

El equipo trabaja basado en un sistema de cribas. Se utilizan dos zarandas:

- Una superior que permite el pasaje del cereal deteniendo las impurezas más grandes.
- Una inferior que detiene el cereal, pero permite el pasaje de impurezas más pequeñas.

Además, con el movimiento vibratorio longitudinal, el producto se separa con gran eficiencia de las impurezas presentes en el flujo de entrada, que pueden ser colectadas en salidas individuales.

Figura 28

MLCZX-50: Limpiadora para cereales



El pulidor para cereales y leguminosas MPCLZ-1, ha sido desarrollado con el objetivo de limpieza y pulimento de los granos, agregando valor a los cereales y leguminosas por el elevado brillo, proporcionando algo que no se consigue obtener con equipos convencionales. El frijol, que es su principal aplicación, presenta diferentes aspectos de limpieza cuando llega al proceso de beneficio y mismo utilizándose un frijol sucio, es posible obtener resultados muy satisfactorios.

Figura 29

MPCLZ-1: Pulidor para cereales y leguminosas



La zaranda MPZ-1/CL, ha sido desarrollada para separar, con alta eficiencia, los productos en dos tamaños diferentes. Su principal aplicación es la separación del arroz partido o gritz, utilizados en el proceso de pulimento del frijol.

Figura 30

MPZ-1/CL: Zaranda



La zaranda MPZ-2/CL, ha sido desarrollada para separar, con alta eficiencia, los productos en dos tamaños diferentes. Su principal aplicación es la separación del arroz partido o gritz, utilizados en el proceso de pulimento del frijol.

Figura 31

MSDZ/CF-2S: Separador Densimétrico Circuito Cerrado Super



Capítulo 3: Marco Metodológico

El presente capítulo estará constituido por dos principales metodologías a desarrollar, realizando el cálculo de los parámetros estadísticos básicos y una prueba ANOVA en base a las medidas anatómicas que presentó una muestra del subconjunto de mercado que se abordará, además de aplicar la metodología REBA para analizar de forma ergonómica el proceso de la cosecha del frijol, las cargas posturales que presenta y los posibles cambios que se puedan implementar en dicho proceso.

3.1 Metodología REBA

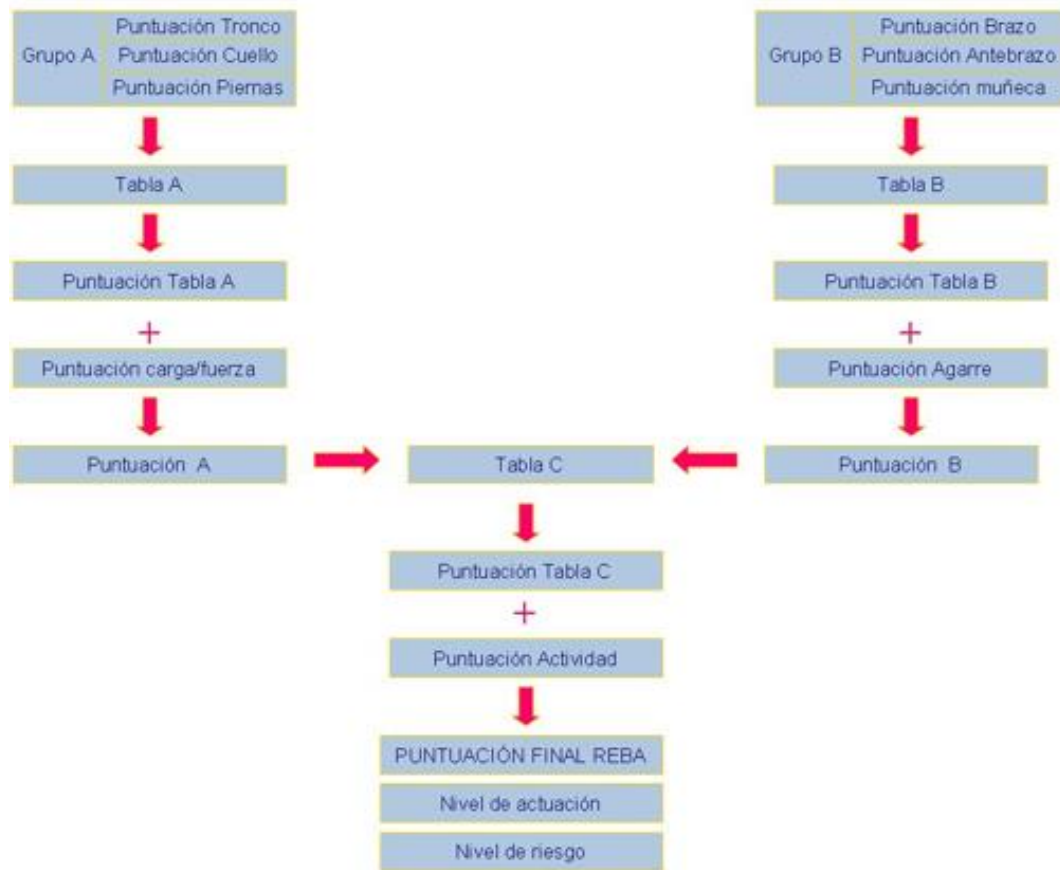
El método REBA divide el cuerpo en dos grupos de segmentos corporales, siendo el grupo A correspondiente al tronco, el cuello y las piernas, y el grupo B está formado por los miembros superiores (brazo, antebrazo y muñeca). Para cada uno de estos segmentos corporales se obtendrá una puntuación, y con ellas los resultados obtenidos en una serie de tablas, además de la aplicación de sus correspondientes factores de corrección y la puntuación final del método para cada postura evaluada.

En la actualidad un gran número de estudios avalan los resultados proporcionados por el método REBA, consolidándolo como una de las herramientas más difundidas y utilizadas para el análisis de carga postural.

Por este motivo es que se seleccionó dicha metodología, ya que nos proporcionará resultados concretos y con un alto grado de veracidad, además aplicando esta metodología nos permitirá evaluar las tareas más importantes en el proceso de cosecha de frijol, mostrándonos si es pertinente realizar una acción correctiva o no para prevenir afectaciones musculoesqueléticas en los trabajadores.

Figura 32

Metodología de evaluación REBA



A continuación, se presentan las principales actividades del proceso de cosecha del frijol, las cuales serán evaluadas siguiendo la metodología antes mencionada, destacando las siguientes:

- Recolección de frijol.
- Almacenaje de frijol.
- Carga y transporte de frijol.
- Aporreo de frijol.

Figura 33

Postura 1: Recolección de frijol



Postura de trabajo analizada: búsqueda y selección de la vaina de frijol lista para ser recolectada.

Datos:

- Cuello en flexión mayor a 20° .
- Piernas en soporte bilateral y flexionadas entre 30° y 60° .
- Tronco flexionado más de 60° .
- La carga de fuerza es nula, por ende, menor a kg.
- Antebrazo extendido mayor a 100° .
- El movimiento de muñeca se encuentra entre 0° y 15° de flexión/extension sin que se produzca una torsión.
- Extensión de brazo mayor a 90° .
- Se considera que el agarre es regular.
- Se debe tomar en cuenta que, en la actividad de recolección de frijol, difícilmente pueden presentarse cambios de postura significantes.

Figura 34

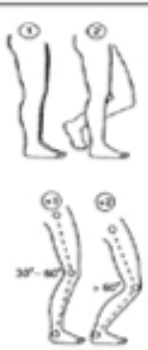
Postura 1: Evaluación grupo A

CUELLO

Movimiento	Puntuación	Corrección		2
0°-20° flexión	1	Añadir + 1 si hay torsión o inclinación lateral		
>20° flexión o en extensión	2			

2

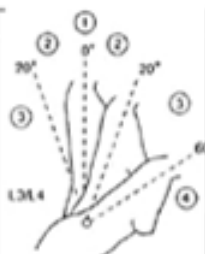
PIERNAS

Movimiento	Puntuación	Corrección	
Soporte bilateral, andando o sentado	1	Añadir + 1 si hay flexión de rodillas entre 30° y 60°	
Soporte unilateral, soporte ligero o postura inestable	2	Añadir + 2 si las rodillas están flexionadas + de 60° (salvo postura sedente)	

2

TRONCO

Movimiento	Puntuación	Corrección
Erguido	1	Añadir + 1 si hay torsión o inclinación lateral
0°-20° flexión 0°-20° extensión	2	
20°-60° flexión >20° extensión	3	
> 60° flexión	4	



4

4

CARGA / FUERZA

0	1	2	+ 1	
< 5 Kg.	5 a 10 Kg.	> 10 Kg.	Instauración rápida o brusca	

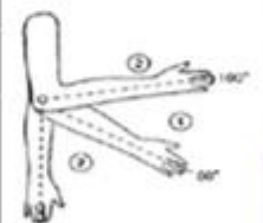
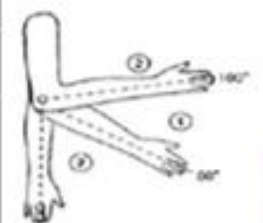
0

La casilla de puntuación del cuello recibe un valor de 2 ya que este presenta una flexión mayor a 20°, las piernas un valor de 2 debido a que se encuentran soportadas bilateralmente y flexionadas entre 30° y 60°, el tronco presenta un valor de 4 debido a la flexión mayor a 60°, finalmente el usuario no presenta carga o fuerza aplicada y dicha casilla tiene un valor de 0.

Figura 35

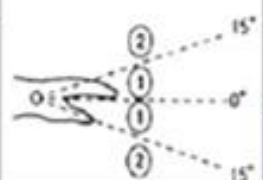
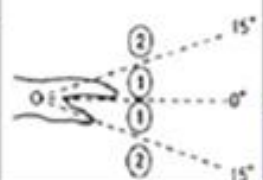
Postura 1: Evaluación grupo B

ANTEBRAZOS

Movimiento	Puntuación	
60°-100° flexión	1	
flexión < 60° o > 100°	2	

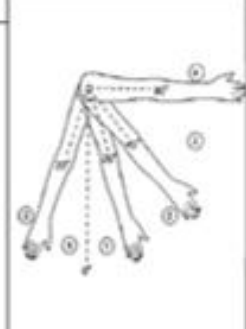
2

MUÑECAS

Movimiento	Puntuación	Corrección	
0°-15° flexión/ extensión	1	Añadir + 1 si hay torsión o desviación lateral	
>15° flexión/ extensión	2		

1

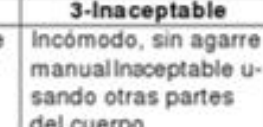
BRAZOS

Posición	Puntuación	Corrección	
0°-20° flexión/ extensión	1	Añadir: + 1 si hay abducción o rotación.	
>20° extensión	2	+ 1 si hay elevación del hombro.	
flexión 20°-45°	2	-1 si hay apoyo o postura a favor de la gravedad.	
flexión 45°- 90°	3		
>90° flexión	4		

4

4

AGARRE

0 - Bueno	1-Regular	2-Malo	3-Inaceptable	
Buen agarre y fuerza de agarre	Agarre aceptable	Agarre posible pero no aceptable	Incómodo, sin agarre manual inaceptable usando otras partes del cuerpo	

1

La casilla de puntuación de los antebrazos recibe un valor de 2 debido a que se encuentran extendidos a más de 100°, las muñecas un valor de 1 debido a que presentan un rango de flexión entre 0° y 15°, los brazos reciben un valor de 4 debido a la extensión mayor a 90°, el agarre se considera regular y recibe un valor de 1.

Figura 36

Postura 1: Resumen de datos

Grupo A: Análisis de cuello, piernas y tronco

PUNTUACIÓN CUELLO ⁽¹⁻³⁾ :	2
PUNTUACIÓN PIERNAS ⁽¹⁻⁴⁾ :	2
PUNTUACIÓN TRONCO ⁽¹⁻⁵⁾ :	4
PUNTUACIÓN CARGA/FUERZA ⁽⁰⁻³⁾ :	0

Grupo B: Análisis de brazos, antebrazos y muñecas

PUNTUACIÓN ANTEBRAZOS ⁽¹⁻²⁾ :	2
PUNTUACIÓN MUÑECAS ⁽¹⁻³⁾ :	1
PUNTUACIÓN BRAZOS ⁽¹⁻⁶⁾ :	4
PUNTUACIÓN AGARRE ⁽⁰⁻³⁾ :	1

El resultado de la sumatoria de los valores del grupo A es 8, el grupo B coincide con dicho valor, presentando una sumatoria de 8. A continuación, se presenta el resumen de la evaluación de la postura.

Figura 37

Postura 1: Niveles de riesgo y acción

NIVELES DE RIESGO Y ACCIÓN:	
Puntuación final REBA⁽¹⁻¹⁵⁾	8
Nivel de acción⁽⁰⁻⁴⁾	3
Nivel de riesgo	Alto
Actuación	Es necesaria la actuación cuanto antes

Como se puede apreciar, la actividad de recolección de frijol presenta un riesgo considerablemente alto, si esta continúa realizándose de esta forma, podrá presentar repercusiones al trabajar después de un tiempo prolongado de trabajo. Es necesario tomar medidas correctivas cuanto antes para prevenir cualquier afectación musculoesquelética.

Figura 38

Postura 2: Almacenaje de frijol



Postura de trabajo analizada: almacenaje de la vaina/semilla de frijol.

Datos:

- Cuello en flexión mayor a 20° .
- Piernas en soporte bilateral, sin flexión aparente.
- Tronco flexionado entre 40° y 60° .
- La carga de fuerza es nula, por ende, menor a kg.
- Antebrazo flexionado entre 60° y 100° .
- El movimiento de muñeca se encuentra entre 0° y 15° de flexión/extensión sin que se produzca una torsión.
- Flexión de brazo mayor a 20° .
- Se considera que el agarre es bueno.
- Se debe considerar que la actividad presente es repetitiva sin llegar a presentar un esfuerzo físico excesivo, además de no contar con cambios bruscos en la postura del trabajador.

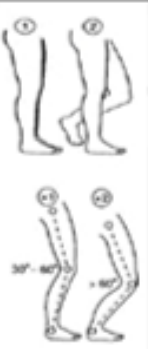
Figura 39

Postura 2: Evaluación grupo A

CUELLO

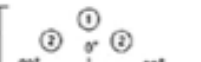
Movimiento	Puntuación	Corrección		2
0°-20° flexión	1	Añadir + 1 si hay torsión o inclinación lateral		
>20° flexión o en extensión	2			

PIERNAS

Movimiento	Puntuación	Corrección	
Soporte bilateral, andando o sentado	1	Añadir + 1 si hay flexión de rodillas entre 30° y 60°	
Soporte unilateral, soporte ligero o postura inestable	2	Añadir + 2 si las rodillas están flexionadas + de 60° (salvo postura sedente)	1

TRONCO

Movimiento	Puntuación	Corrección
Erguido	1	Añadir + 1 si hay torsión o inclinación lateral
0º-20º flexión 0º-20º extensión	2	
20º-60º flexión >20º extensión	3	
> 60º flexión	4	



3

CARGA / FUERZA

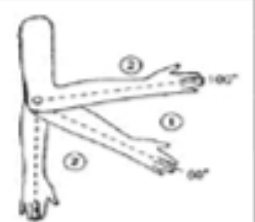
0	1	2	+ 1	0
< 5 Kg.	5 a 10 Kg.	> 10 Kg.	Instauración rápida o brusca	

La casilla de puntuación del cuello recibe un valor de 2 ya que este presenta una flexión mayor a 20°, las piernas un valor de 1 debido a que se encuentran soportadas bilateralmente y sin flexión aparente, el tronco presenta un valor de 3 debido a la flexión entre 20° y 60°, finalmente el usuario no presenta carga o fuerza aplicada y dicha casilla tiene un valor de 0.

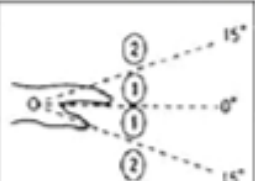
Figura 40

Postura 2: Evaluación grupo B

ANTEBRAZOS

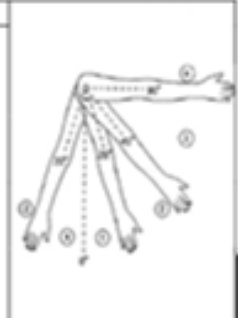
Movimiento	Puntuación	
60°-100° flexión	1	
flexión < 60° 0 > 100°	2	

MUÑECAS

Movimiento	Puntuación	Corrección	
0°-15° flexión/ extensión	1	Añadir + 1 si hay torsión o desviación lateral	
>15° flexión/ extensión	2		

1

BRAZOS

Posición	Puntuación	Corrección	
0°-20° flexión/ extensión	1	Añadir: + 1 si hay abducción o rotación.	
>20° extensión	2	+ 1 si hay elevación del hombro.	
flexión 20°-45°	2	- 1 si hay apoyo o postura a favor de la gravedad.	
flexión 45°- 90°	3		
>90° flexión	4		

2

AGARRE

0 - Bueno	1-Regular	2-Malo	3-Inaceptable	
Buen agarre y fuerza de agarre	Agarre aceptable	Agarre posible pero no aceptable	Incómodo, sin agarre manual Inaceptable usando otras partes del cuerpo	

La casilla de puntuación de los antebrazos recibe un valor de 1 debido a que se encuentran flexionados entre 60° y 100°, las muñecas un valor de 1 debido a que presentan un rango de flexión entre 0° y 15°, los brazos reciben un valor de 2 debido a la flexión mayor a 20°, el agarre se considera bueno y recibe un valor de 0.

Figura 41

Postura 2: Resumen de datos

Grupo A: Análisis de cuello, piernas y tronco

PUNTUACIÓN CUELLO ⁽¹⁻³⁾ :	2
PUNTUACIÓN PIERNAS ⁽¹⁻⁴⁾ :	1
PUNTUACIÓN TRONCO ⁽¹⁻⁵⁾ :	3
PUNTUACIÓN CARGA/FUERZA ⁽⁰⁻³⁾ :	0

Grupo B: Análisis de brazos, antebrazos y muñecas

PUNTUACIÓN ANTEBRAZOS ⁽¹⁻²⁾ :	1
PUNTUACIÓN MUÑECAS ⁽¹⁻³⁾ :	1
PUNTUACIÓN BRAZOS ⁽¹⁻⁶⁾ :	2
PUNTUACIÓN AGARRE ⁽⁰⁻³⁾ :	0

El resultado de la sumatoria de los valores del grupo A es 6, mientras que el valor de la sumatoria del grupo B es 4. A continuación, se presenta el resumen de la evaluación de la postura.

Figura 42

Postura 2: Niveles de riesgo y acción

NIVELES DE RIESGO Y ACCIÓN:	
Puntuación final REBA⁽¹⁻¹⁵⁾	3
Nivel de acción⁽⁰⁻⁴⁾	1
Nivel de riesgo	Bajo
Actuación	Puede ser necesaria la actuación

Se observa que la actividad de almacenaje del frijol presenta un menor riesgo en comparación con la actividad precedente, sin embargo, pese a tener menor riesgo sería ideal implementar acciones que hagan dicha tarea más cómoda para los trabajadores, con el fin de tener un mejor rendimiento y prevenir cualquier daño a su bienestar.

Figura 43

Postura 3: Carga y transporte de frijol



Postura de trabajo analizada: carga y transporte de la vaina/semilla de frijol.

Datos:

- Cuello flexionado entre 0° y 20° , además de presentar cierta inclinación lateral.
- Piernas en soporte bilateral, sin presentar flexión.
- Tronco erguido.
- La carga que presenta es mayor a 10 kg.
- Antebrazo flexionado entre 60° y 100° .
- El movimiento de muñeca se encuentra entre 0° y 15° de flexión/extensión presentando torsión.
- Flexión de brazo mayor a 90° .
- Se considera que el agarre es malo.
- La actividad evaluada presenta una postura incómoda y presenta una carga física considerablemente alta para el trabajador.

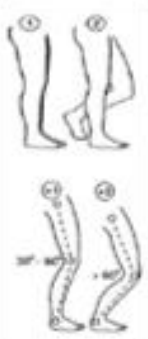
Figura 44

Postura 3: Evaluación grupo A

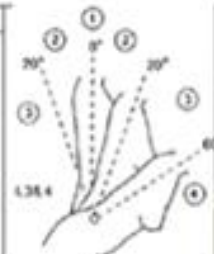
CUELLO

Movimiento	Puntuación	Corrección		2
0°-20° flexión	1	Añadir + 1 si hay torsión o inclinación lateral		
>20° flexión o en extensión	2			

PIERNAS

Movimiento	Puntuación	Corrección	
Soporte bilateral, andando o sentado	1	Añadir + 1 si hay flexión de rodillas entre 30° y 60°	
Soporte unilateral, soporte ligero o postura inestable	2	Añadir + 2 si las rodillas están flexionadas + de 60° (salvo postura sedente)	1

TRONCO

Movimiento	Puntuación	Corrección	
Erguido	1	Añadir + 1 si hay torsión o inclinación lateral	
0°-20° flexión 0°-20° extensión	2		
20°-60° flexión >20° extensión	3		
> 60° flexión	4		
			1

CARGA / FUERZA

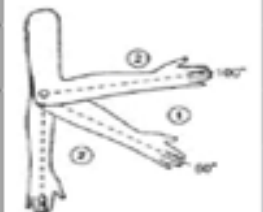
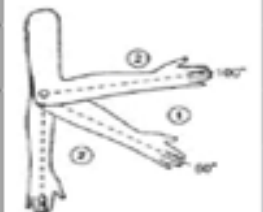
0	1	2	+ 1	2
< 5 Kg.	5 a 10 Kg.	> 10 Kg.	Instauración rápida o brusca	

El cuello recibe un valor de 2 presentando una flexión entre 0° y 20° además de una inclinación lateral, las piernas un valor de 1 debido a que se encuentran soportadas bilateralmente y sin flexión aparente, el tronco presenta un valor de 1 debido a que se encuentra erguido, finalmente la carga presentada es mayor a 10 kg y recibe un valor de 2.

Figura 45

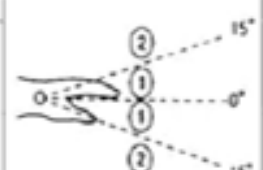
Postura 3: Evaluación grupo B

ANTEBRAZOS

Movimiento	Puntuación	
60°-100° flexión	1	
flexión < 60° 0 > 100°	2	

1

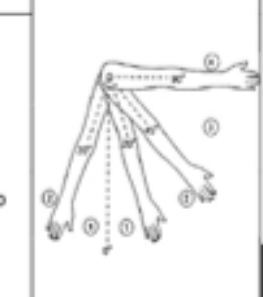
MUÑECAS

Movimiento	Puntuación	Corrección	
0°-15° flexión/ extensión	1	Añadir + 1 si hay torsión o desviación lateral	
>15° flexión/ extensión	2		

2

2

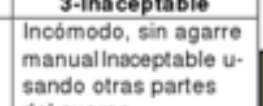
BRAZOS

Posición	Puntuación	Corrección	
0°-20° flexión/ extensión	1	Añadir: + 1 si hay abducción o rotación.	
>20° extensión	2	+ 1 si hay elevación del hombro.	
flexión 20°-45°	2	-1 si hay apoyo o postura a favor de la gravedad.	
flexión 45°- 90°	3		
>90° flexión	4		

4

4

AGARRE

0 - Bueno	1-Regular	2-Malo	3-Inaceptable	
Buen agarre y fuerza de agarre	Agarre aceptable	Agarre posible pero no aceptable	Incómodo, sin agarre manual Inaceptable usando otras partes del cuerpo	

2

La casilla de puntuación de los antebrazos recibe un valor de 1 debido a que presentan una flexión entre 60°y 100°, las muñecas un valor de 2 debido a que presentan un rango de flexión entre 0° y 15° además de una torsión, los brazos reciben un valor de 4 debido a la flexión mayor a 90°, el agarre se considera malo y recibe un valor de 2.

Figura 46

Postura 3: Resumen de datos

Grupo A: Análisis de cuello, piernas y tronco

PUNTUACIÓN CUELLO ⁽¹⁻³⁾ :	2
PUNTUACIÓN PIERNAS ⁽¹⁻⁴⁾ :	1
PUNTUACIÓN TRONCO ⁽¹⁻⁵⁾ :	1
PUNTUACIÓN CARGA/FUERZA ⁽⁰⁻³⁾ :	2

Grupo B: Análisis de brazos, antebrazos y muñecas

PUNTUACIÓN ANTEBRAZOS ⁽¹⁻²⁾ :	1
PUNTUACIÓN MUÑECAS ⁽¹⁻³⁾ :	2
PUNTUACIÓN BRAZOS ⁽¹⁻⁶⁾ :	4
PUNTUACIÓN AGARRE ⁽⁰⁻³⁾ :	2

El resultado de la sumatoria de los valores del grupo A es 6, el grupo B presenta una sumatoria de 9. A continuación, se presenta el resumen de la evaluación de la postura.

Figura 47

Postura 3: Niveles de riesgo y acción

NIVELES DE RIESGO Y ACCIÓN:	
Puntuación final REBA⁽¹⁻¹⁵⁾	6
Nivel de acción⁽⁰⁻⁴⁾	2
Nivel de riesgo	Medio
Actuación	Es necesaria la actuación

Esta actividad dentro del proceso de cosecha de frijol es una de las que más carga física presenta, el principal inconveniente de esta es la falta de un sistema de transporte que no implique el desgaste de los trabajadores, por ende, es necesario tomar medidas correctivas.

Figura 48

Postura 4: Aporreo de frijol



Postura de trabajo analizada: aporreo de la vaina/semilla de frijol.

Datos:

- Cuello flexionado/extendido entre 0° y 20° .
- Piernas en soporte bilateral, flexión mayor a 60° .
- El tronco presenta una flexión mayor a 60° , además de presentar cierta torsión.
- Fuerza aplicada mayor a 10 kg, presentando insaturación brusca.
- Antebrazo flexionado menor a 60° .
- El movimiento de muñeca presenta una flexión/extensión mayor a 15° , y con una ligera torsión.
- Flexión de brazo mayor a 90° .
- Se considera que el agarre es malo.
- La actividad evaluada presenta una carga física mayor para el trabajador en comparación con las demás actividades del proceso de cosecha, además de llevar un ritmo constante, produciendo un mayor desgaste físico.

Figura 49

Postura 4: Evaluación grupo A

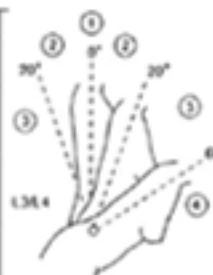
CUELLO

Movimiento	Puntuación	Corrección	
0°-20° flexión	1	Añadir + 1 si hay torsión o inclinación lateral	
>20° flexión o en extensión	2		

PIERNAS

Movimiento	Puntuación	Corrección	
Soporte bilateral, andando o sentado	1	Añadir + 1 si hay flexión de rodillas entre 30° y 60°	
Soporte unilateral, soporte ligero o postura inestable	2	Añadir + 2 si las rodillas están flexionadas + de 60° (salvo postura sedente)	

TRONCO

Movimiento	Puntuación	Corrección	
Erguido	1	Añadir + 1 si hay torsión o inclinación lateral	
0°-20° flexión 0°-20° extensión	2		
20°-60° flexión >20° extensión	3		
> 60° flexión	4		

CARGA / FUERZA

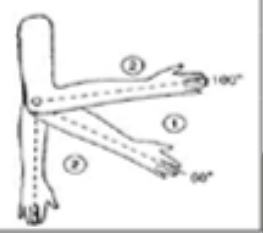
0	1	2	+ 1	
< 5 Kg.	5 a 10 Kg.	> 10 Kg.	Instauración rápida o brusca	

El cuello recibe un valor de 1 ya que este presenta una flexión entre 0° y 20°, las piernas un valor de 3 debido a que se encuentran soportadas bilateralmente y presentan flexión mayor a 60°, el tronco presenta un valor de 5 debido a la flexión mayor a 60° además de torsión, la carga o fuerza aplicada es mayor a 10 kg y con insaturación rápida, su valor es 3.

Figura 50

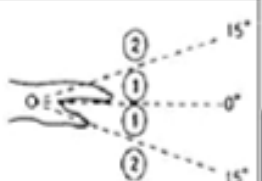
Postura 4: Evaluación grupo B

ANTEBRAZOS

Movimiento	Puntuación	
60°-100° flexión	1	
flexión < 60° o > 100°	2	

2

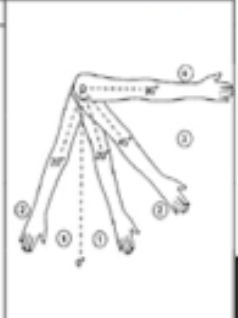
MUÑECAS

Movimiento	Puntuación	Corrección	
0°-15° flexión/ extensión	1	Añadir + 1 si hay torsión o desviación lateral	
>15° flexión/ extensión	2		

3

3

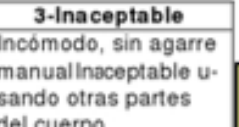
BRAZOS

Posición	Puntuación	Corrección	
0°-20° flexión/ extensión	1	Añadir: + 1 si hay abducción o rotación.	
>20° extensión	2	+ 1 si hay elevación del hombro.	
flexión 20°-45°	2	-1 si hay apoyo o postura a favor de la gravedad.	
flexión 45°- 90°	3		
>90° flexión	4		

4

4

AGARRE

0 - Bueno	1-Regular	2-Malo	3-Inaceptable	
Buen agarre y fuerza de agarre	Agarre aceptable	Agarre posible pero no aceptable	Incómodo, sin agarre manual inaceptable usando otras partes del cuerpo	

2

La casilla de puntuación de los antebrazos recibe un valor de 2 debido a que se encuentran flexionados a menos de 100°, las muñecas un valor de 3 debido a que presentan un rango de flexión mayor a 15° además de una ligera torsión, los brazos reciben un valor de 4 debido a la flexión mayor a 90°, el agarre se considera malo recibiendo un valor de 2.

Figura 51

Postura 4: Resumen de datos

Grupo A: Análisis de cuello, piernas y tronco

PUNTUACIÓN CUELLO ⁽¹⁻³⁾ :	1
PUNTUACIÓN PIERNAS ⁽¹⁻⁴⁾ :	3
PUNTUACIÓN TRONCO ⁽¹⁻⁵⁾ :	5
PUNTUACIÓN CARGA/FUERZA ⁽⁰⁻³⁾ :	3

Grupo B: Análisis de brazos, antebrazos y muñecas

PUNTUACIÓN ANTEBRAZOS ⁽¹⁻²⁾ :	2
PUNTUACIÓN MUÑECAS ⁽¹⁻³⁾ :	3
PUNTUACIÓN BRAZOS ⁽¹⁻⁶⁾ :	4
PUNTUACIÓN AGARRE ⁽⁰⁻³⁾ :	2

El resultado de la sumatoria de los valores del grupo A es 12, el grupo B presenta una sumatoria de 11. A continuación, se presenta el resumen de la evaluación de la postura.

Figura 52

Postura 4: Niveles de riesgo y acción

NIVELES DE RIESGO Y ACCIÓN:	
Puntuación final REBA⁽¹⁻¹⁵⁾	12
Nivel de acción⁽⁰⁻⁴⁾	4
Nivel de riesgo	Muy alto
Actuación	Es necesaria la actuación de inmediato

Como se puede observar en los resultados obtenidos, la actividad presenta un alto nivel de riesgo, debido a la carga física y posturas que esta implica, es necesaria una acción correctiva de inmediato con la finalidad de evitar afectaciones físicas que pongan en riesgo la salud de los trabajadores.

Figura 53

Resultados Metodología REBA

Actividad	Puntuación Final	Nivel de acción	Nivel de riesgo
Recolección de frijol	8	3	Alto
Almacenaje de frijol	3	1	Bajo
Carga y transporte de frijol	6	2	Medio
Aporreo de frijol	12	4	Muy alto

Una vez evaluadas las actividades principales en el proceso de cosecha de frijol, se puede observar con claridad que dos de estas actividades presentan un alto nivel de riesgo, y al ser realizadas por tiempos prolongados pueden llegar a afectar de manera significativa a los trabajadores.

Por lo tanto, se deben aplicar medidas correctivas cuanto antes, a manera de prevenir cualquier tipo de lesión o afectaciones musculoesqueléticas que comprometan el bienestar de los trabajadores.

3.2 Prueba ANOVA y parámetros estadísticos básicos.

La prueba ANOVA o análisis de varianza es un método estadístico que permite descubrir si los resultados de una prueba son significativos, es decir, permiten determinar si es necesario rechazar la hipótesis nula o aceptar la hipótesis alternativa.

El Análisis de la Varianza (ANOVA) es una técnica estadística que se utiliza para comparar la media de tres o más grupos y determinar si existen diferencias significativas entre ellas. En otras palabras, esta prueba te ayuda a saber si hay una diferencia significativa en la media entre los grupos que

estás comparando o si cualquier diferencia que hayas observado se debe simplemente al azar.

El ANOVA compara la varianza entre los grupos con la varianza dentro de los grupos.

- Si la varianza entre los grupos es mayor que la varianza dentro de los grupos entonces es probable que exista una diferencia significativa en las medias.
- Si la varianza dentro de los grupos es mayor que la varianza entre los grupos, entonces cualquier diferencia observada en las medias podría ser simplemente aleatoria.

A continuación, se presentan los pasos realizados para aplicar la prueba ANOVA:

- Seleccionar una muestra representativa para la prueba estadística.
- Realizar una toma de mediciones anatómicas a cada persona que compone a dicha muestra.
- Realizar la captura de los datos en una hoja de cálculo.
- Calcular las estadísticas básicas de cada sección anatómica medida, dichos cálculos deben realizarse a la muestra masculina, la femenina y de manera conjunta.
- Transferir los datos obtenidos al software Minitab, en el cual se desarrollará la prueba ANOVA.
- Generar una hipótesis nula y una alternativa, así como el desarrollo de la prueba.
- Describir e interpretar los resultados obtenidos.

Los pasos antes descritos servirán como guía de la metodología aplicada, estos tienen la finalidad de instruir a la persona a cargo de desarrollar la prueba, de tal forma que la aplicación de esta sea de manera correcta y efectiva.

Además, esta prueba busca la recolección de datos con un amplio grado de veracidad y dentro de la muestra seleccionada, debido a que los valores recolectados serán de gran importancia para el cálculo y determinación de un intervalo de ajuste para el dispositivo en desarrollo.

Con el fin de estimar un intervalo de ajuste para el dispositivo enfocado al proceso de cosecha de frijol, se tomó una muestra representativa de los habitantes de la zona noroeste de México, a los cuales se les realizó la toma de medidas anatómicas.

Dichas medidas están comprendidas por nueve valores o segmentos, los cuales son:

- Altura.
- Distancia de la planta del pie a la rodilla.
- Distancia de rodilla a glúteo.
- Distancia de glúteo a hombro.
- Ancho de cadera.
- Ancho de espalda.
- Distancia de hombro a codo.
- Distancia de codo a mano (hasta la punta de los dedos).
- Largo del brazo (hasta la punta de los dedos).

A continuación, se presentan los datos recolectados de la muestra, así como también el cálculo de las estadísticas básicas:

Figura 54

Datos: Muestra Masculina y Femenina

Muestra	Sexo	Altura	Pie-Rodilla	Rodilla-Glúteo	Glúteo-Hombro	Ancho de cadera	Ancho de espalda	Hombro-Codo	Codo-Mano	Largo de brazo
1	M	159	50	51.3	55.5	33	37.3	30	40.5	67
2	H	172	55.5	53	59	35	42	36.5	46	77
3	H	178	57.5	60	65	43	49	36.5	48	74
4	M	165	53	54.2	62	36.5	43	32.3	45.2	67
5	H	185	63	55	63	32.3	45.3	39.4	50.2	82
6	M	155	50	51.2	58	34.4	39.4	32.7	42	70
7	H	175	54.3	57.5	64	34	42.2	36.5	44.4	71
8	M	157	52.3	51.7	54.5	31.6	37.5	33.2	42.7	71
9	H	180	59	58.3	67	39.5	45.4	39	49.6	83
10	H	165	52.8	53.7	60.5	35.7	42.3	34.7	41.5	66
11	M	170	51.2	55.5	62	35.7	40.5	34.2	44.5	70.5
12	M	160	50	51.2	60.2	33.2	37.1	31.6	41	64
13	H	170	53.3	54.3	63	36.5	45	35.5	45.4	72
14	H	158	51.7	53.4	56.4	30	39	34.1	44.2	70
15	H	172	54.3	53.2	55.5	29.5	40.5	37.5	44.7	72
16	M	167	54.5	54.5	59	35.5	39	34.6	45.5	71
17	H	178	56.5	58	65	42.5	50	34	48	74
18	H	170	55	59	66	40	50	36.2	45	71
19	H	175	53	52.7	62	31	39	36	46	71
20	H	186	59	59	65	38	47	40	51	79
21	H	170	54	55.4	58.4	32.6	43	35.7	34.6	73
22	H	175	58.5	54.5	60	35	47.5	38.5	46	75
23	H	175	55.4	53.3	63	29.8	42.5	38.3	38.2	80
24	H	180	57.4	64	66	43	51.2	39.8	48.7	75
25	H	184	57.7	56	65	30.2	40.8	38	48.6	79
26	H	172	56.4	61.5	68	47.5	49.8	35.7	46.9	70
27	M	160	52.7	49.6	53.5	31.5	37	33.2	42.6	70
28	H	165	53.3	56.2	58	35.3	45.3	36.6	46	71
29	H	180	59.5	61	67	37.7	52.4	37.3	46.4	76
30	H	170	54.8	51.6	61.5	30.2	42.2	33.2	44	70
31	H	182	56.2	56.4	64	31.5	44.4	37	49.7	79
32	M	152	47.5	48.9	52.8	28.5	36.7	32.3	40.5	65
33	H	165	53	50.6	58.3	29	42.2	34.5	45	73
34	H	166	51.9	53	55.9	31	42.4	34	45.7	76
35	M	160	50	49	57	29	35.5	31.2	39.9	66
36	H	162	49.8	50.5	57.5	32.7	43	43	40.2	65
37	M	164	52	53.7	57.5	40	37.5	37.5	42.5	70
38	M	168	52.5	43	55.5	32	38	34.4	44.5	71
39	H	180	59	57.4	63	32	36.2	36.7	48	77
40	H	165	51.8	51	59.9	28.5	41.5	36.3	43.5	73
41	H	172	54	56.2	62	33.6	45.6	36.6	46.6	76
42	H	176	56.8	57.5	63	33.3	42.7	38	47.7	78
43	H	180	57.5	57.3	62	34	42	37.5	47.8	80
44	M	166	55.3	56	60	35.8	44	35.5	46	74
45	M	155	48	50	54.7	29	36	31	39.4	69
46	M	155	47.5	50	56.5	25	32.7	30.8	40	68
47	M	160	51	55.3	57	35	37.5	33.6	42.5	75
48	M	150	46.7	49	53	27.3	33.5	30.3	37	64
49	H	167	55	53	57.5	29.5	40.3	34.5	45.5	75
50	H	172	55.4	55.4	63	33.5	43.2	35.6	47.5	73
Media		168.9	53.93	54.26	60.262	33.798	41.942	35.422	44.538	72.57
Rango		36	16.3	21	15.2	22.5	19.7	13	16.4	19
Desv. Est.		9.099	3.484	3.843	4.029	4.501	4.620	2.753	3.543	4.677
Varianza		82.786	12.136	14.771	16.235	20.261	21.342	7.576	12.549	21.878

La muestra comprendida por la población masculina y femenina presentó una estatura promedio de 1.68 m, una distancia de pie a rodilla de 53.93 cm, una distancia de rodilla a glúteo de 54.26 cm, un largo de glúteo a hombro de 60.26 cm, un ancho de cadera de 33.79 cm, un ancho de espalda de 41.94 cm, una distancia de hombro a codo 35.42 cm, una longitud de codo a mano de 44.53 cm y una longitud de brazo de 72.57 cm.

Figura 55

Datos: Muestra Masculina

Sexo	Altura	Pie-Rodilla	Rodilla-Glúteo	Glúteo-Hombro	Ancho de cadera	Ancho de espalda	Hombro-Codo	Codo-Mano	Largo de brazo
H	172	55.5	53	59	35	42	36.5	46	77
H	178	57.5	60	65	43	49	36.5	48	74
H	185	63	55	63	32.3	45.3	39.4	50.2	82
H	175	54.3	57.5	64	34	42.2	36.5	44.4	71
H	180	59	58.3	67	39.5	45.4	39	49.6	83
H	165	52.8	53.7	60.5	35.7	42.3	34.7	41.5	66
H	170	53.3	54.3	63	36.5	45	35.5	45.4	72
H	158	51.7	53.4	56.4	30	39	34.1	44.2	70
H	172	54.3	53.2	55.5	29.5	40.5	37.5	44.7	72
H	178	56.5	58	65	42.5	50	34	48	74
H	170	55	59	66	40	50	36.2	45	71
H	175	53	52.7	62	31	39	36	46	71
H	186	59	59	65	38	47	40	51	79
H	170	54	55.4	58.4	32.6	43	35.7	34.6	73
H	175	58.5	54.5	60	35	47.5	38.5	46	75
H	175	55.4	53.3	63	29.8	42.5	38.3	38.2	80
H	180	57.4	64	66	43	51.2	39.8	48.7	75
H	184	57.7	56	65	30.2	40.8	38	48.6	79
H	172	56.4	61.5	68	47.5	49.8	35.7	46.9	70
H	165	53.3	56.2	58	35.3	45.3	36.6	46	71
H	180	59.5	61	67	37.7	52.4	37.3	46.4	76
H	170	54.8	51.6	61.5	30.2	42.2	33.2	44	70
H	182	56.2	56.4	64	31.5	44.4	37	49.7	79
H	165	53	50.6	58.3	29	42.2	34.5	45	73
H	166	51.9	53	55.9	31	42.4	34	45.7	76
H	162	49.8	50.5	57.5	32.7	43	43	40.2	65
H	180	59	57.4	63	32	36.2	36.7	48	77
H	165	51.8	51	59.9	28.5	41.5	36.3	43.5	73
H	172	54	56.2	62	33.6	45.6	36.6	46.6	76
H	176	56.8	57.5	63	33.3	42.7	38	47.7	78
H	180	57.5	57.3	62	34	42	37.5	47.8	80
H	167	55	53	57.5	29.5	40.3	34.5	45.5	75
H	172	55.4	55.4	63	33.5	43.2	35.6	47.5	73
Media	173.394	55.524	55.724	61.952	34.452	44.088	36.748	45.776	74.424
Rango	28	13.2	13.5	12.5	19	16.2	9.8	16.4	18
Desv. Est.	6.977	2.794	3.279	3.454	4.719	3.817	2.066	3.394	4.243
Varianza	48.684	7.808	10.754	11.931	22.266	14.566	4.268	11.516	18.002

Los datos recopilados de la muestra masculina tienen diferencias significativas en comparación con la muestra femenina, destacando la altura con un promedio de 1.73 m, un ancho de cadera de 34.45 cm, un ancho de espalda de 44.08 cm y una longitud de brazo de 74.44 cm.

En dichos segmentos o secciones de medición, la muestra masculina presentó valores mayores, los cuales deben tener una mayor relevancia para determinar el rango de ajuste del dispositivo en desarrollo.

Figura 56

Datos: Muestra Femenina

Sexo	Altura	Pie-Rodilla	Rodilla-Glúteo	Glúteo-Hombro	Ancho de cadera	Ancho de espalda	Hombro-Codo	Codo-Mano	Largo de brazo
M	159	50	51.3	55.5	33	37.3	30	40.5	67
M	165	53	54.2	62	36.5	43	32.3	45.2	67
M	155	50	51.2	58	34.4	39.4	32.7	42	70
M	157	52.3	51.7	54.5	31.6	37.5	33.2	42.7	71
M	170	51.2	55.5	62	35.7	40.5	34.2	44.5	70.5
M	160	50	51.2	60.2	33.2	37.1	31.6	41	64
M	167	54.5	54.5	59	35.5	39	34.6	45.5	71
M	160	52.7	49.6	53.5	31.5	37	33.2	42.6	70
M	152	47.5	48.9	52.8	28.5	36.7	32.3	40.5	65
M	160	50	49	57	29	35.5	31.2	39.9	66
M	164	52	53.7	57.5	40	37.5	37.5	42.5	70
M	168	52.5	43	55.5	32	38	34.4	44.5	71
M	166	55.3	56	60	35.8	44	35.5	46	74
M	155	48	50	54.7	29	36	31	39.4	69
M	155	47.5	50	56.5	25	32.7	30.8	40	68
M	160	51	55.3	57	35	37.5	33.6	42.5	75
M	150	46.7	49	53	27.3	33.5	30.3	37	64
Media	160.176	50.835	51.418	56.982	32.529	37.776	32.847	42.135	68.971
Rango	20	8.6	13	9.2	15	11.3	7.5	9	11
Desv. Est.	5.801	2.477	3.275	2.923	3.863	2.880	1.998	2.471	3.184
Varianza	33.654	6.134	10.724	8.542	14.926	8.293	3.994	6.106	10.140

Los datos de la muestra femenina presentan una altura promedio de 1.60 m, un ancho de cadera de 32.52 cm, un ancho de espalda de 37.77 cm y una longitud de brazo de 68.97 cm.

Dichos datos recopilados se exportaron al programa minitab con el fin de proceder con la prueba ANOVA, se presentan los resultados obtenidos:

Figura 57

Estadísticas: Muestra Masculina y Femenina

Estadísticas

Variable	N	N*	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Varianza	Mínimo	Q1	Mediana
Altura	50	0	168.90	1.29	9.10	82.79	150.00	161.50	170.00
Pie-Rodilla	50	0	53.930	0.493	3.484	12.136	46.700	51.775	54.000
Rodilla-Glúteo	50	0	54.260	0.544	3.843	14.771	43.000	51.275	54.250
Glúteo-Hombro	50	0	60.262	0.570	4.029	16.235	52.800	57.000	60.100
Ancho de cadera	50	0	33.798	0.637	4.501	20.261	25.000	30.200	33.250
Ancho de espalda	50	0	41.942	0.653	4.620	21.342	32.700	37.875	42.200
Hombro-Codo	50	0	35.422	0.389	2.753	7.576	30.000	33.500	35.650
Codo-Mano	50	0	44.538	0.501	3.543	12.549	34.600	42.375	45.100
Largo de brazo	50	0	72.570	0.661	4.677	21.878	64.000	70.000	72.000
Variable	Q3	Máximo	Rango						
Altura	175.25	186.00	36.00						
Pie-Rodilla	56.425	63.000	16.300						
Rodilla-Glúteo	56.625	64.000	21.000						
Glúteo-Hombro	63.000	68.000	15.200						
Ancho de cadera	35.725	47.500	22.500						
Ancho de espalda	45.075	52.400	19.700						
Hombro-Codo	37.350	43.000	13.000						
Codo-Mano	47.050	51.000	16.400						
Largo de brazo	76.000	83.000	19.000						

La figura anterior muestra los valores estadísticos básicos de las muestras masculina y femenina, las cuales previamente ya habían sido mostradas y comparadas entre sí.

Figura 58

Estadísticas: Muestra Masculina

Estadísticas

Variable	N	N*	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Varianza	Mínimo	Q1	Mediana
Altura	33	0	173.39	1.21	6.98	48.68	158.00	168.50	172.00
Pie-Rodilla	33	0	55.524	0.486	2.794	7.808	49.800	53.300	55.400
Rodilla-Glúteo	33	0	55.724	0.571	3.279	10.754	50.500	53.100	55.400
Glúteo-Hombro	33	0	61.952	0.601	3.454	11.931	55.500	58.700	63.000
Ancho de cadera	33	0	34.452	0.821	4.719	22.266	28.500	30.600	33.500
Ancho de espalda	33	0	44.088	0.664	3.817	14.566	36.200	42.000	43.000
Hombro-Codo	33	0	36.748	0.360	2.066	4.268	33.200	35.550	36.500
Codo-Mano	33	0	45.776	0.591	3.394	11.516	34.600	44.550	46.000
Largo de brazo	33	0	74.424	0.739	4.243	18.002	65.000	71.000	74.000
Variable	Q3	Máximo	Rango						
Altura	180.00	186.00	28.00						
Pie-Rodilla	57.500	63.000	13.200						
Rodilla-Glúteo	57.750	64.000	13.500						
Glúteo-Hombro	65.000	68.000	12.500						
Ancho de cadera	37.100	47.500	19.000						
Ancho de espalda	46.300	52.400	16.200						
Hombro-Codo	38.000	43.000	9.800						
Codo-Mano	48.000	51.000	16.400						
Largo de brazo	77.500	83.000	18.000						

Figura 59

Estadísticas: Muestra Femenina

Estadísticas

Variable	N	N*	Media	Error estándar de la media	Desv.Est.	Varianza	Mínimo	Q1	Mediana
Altura	17	0	160.18	1.41	5.80	33.65	150.00	155.00	160.00
Pie-Rodilla	17	0	50.835	0.601	2.477	6.134	46.700	49.000	51.000
Rodilla-Glúteo	17	0	51.418	0.794	3.275	10.724	43.000	49.300	51.200
Glúteo-Hombro	17	0	56.982	0.709	2.923	8.542	52.800	54.600	57.000
Ancho de cadera	17	0	32.529	0.937	3.863	14.926	25.000	29.000	33.000
Ancho de espalda	17	0	37.776	0.698	2.880	8.293	32.700	36.350	37.500
Hombro-Codo	17	0	32.847	0.485	1.998	3.994	30.000	31.100	32.700
Codo-Mano	17	0	42.135	0.599	2.471	6.106	37.000	40.250	42.500
Largo de brazo	17	0	68.971	0.772	3.184	10.140	64.000	66.500	70.000
Variable	Q3	Máximo	Rango						
Altura	165.50	170.00	20.00						
Pie-Rodilla	52.600	55.300	8.600						
Rodilla-Glúteo	54.350	56.000	13.000						
Glúteo-Hombro	59.500	62.000	9.200						
Ancho de cadera	35.600	40.000	15.000						
Ancho de espalda	39.200	44.000	11.300						
Hombro-Codo	34.300	37.500	7.500						
Codo-Mano	44.500	46.000	9.000						
Largo de brazo	71.000	75.000	11.000						

Las figuras 58 y 59 nos permiten apreciar con mayor claridad las estadísticas básicas de ambas muestras, coincidiendo los valores obtenidos por medio de Excel y de minitab.

Posterior a calcular las estadísticas básicas de cada grupo o muestra, se obtuvieron los siguientes resultados:

Figura 60

Resumen del Modelo

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Factor	9	Altura, Pie-Rodilla, Rodilla-Glúteo, Glúteo-Hombro, Ancho de cadera, Ancho de espalda, Hombro-Codo, Codo-Mano, Largo de brazo

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	8	693496	86687.0	3723.41	0.000
Error	441	10267	23.3		
Total	449	703763			

Resumen del modelo

S	R-cuadrado	R-cuadrado(ajustado)	R-cuadrado (pred)
4.82510	98.54%	98.51%	98.48%

La figura 60 nos muestra la información del modelo aplicado, el cual está comprendido por 9 niveles, los valores representan las secciones anatómicas de las cuales se realizaron mediciones.

Dentro de la sección del análisis de varianza podemos apreciar que se obtuvo un valor de F alto, el cual nos indica que hay una varianza significativa y por ende una desviación estándar considerable en los valores obtenidos en la medición, dicha variación nos indica que los datos no presentan una tendencia a estar cercanos a la media.

Figura 61

Resultados Prueba ANOVA

Medias

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
Altura	50	168.90	9.10	(167.56, 170.24)
Pie-Rodilla	50	53.930	3.484	(52.589, 55.271)
Rodilla-Glúteo	50	54.260	3.843	(52.919, 55.601)
Glúteo-Hombro	50	60.262	4.029	(58.921, 61.603)
Ancho de cadera	50	33.798	4.501	(32.457, 35.139)
Ancho de espalda	50	41.942	4.620	(40.601, 43.283)
Hombro-Codo	50	35.422	2.753	(34.081, 36.763)
Codo-Mano	50	44.538	3.543	(43.197, 45.879)
Largo de brazo	50	72.570	4.677	(71.229, 73.911)

Desv.Est. agrupada = 4.82510

De acuerdo con los presentes valores obtenidos, se puede inferir que cualquier diferencia observada en las medias podría ser simplemente aleatoria, sin presentar una diferencia significativa entre los valores.

Por ende, las medidas anatómicas tomadas de la muestra del Noreste de México son significativas, las cuales nos servirán como base para seleccionar un intervalo de ajuste del producto para el proceso de cosecha de frijol en relación con el diseño del mismo dispositivo.

Capítulo 4: Resultados.

4.1 Resultados: Metodología REBA.

Después de haber realizado la metodología REBA, se observó que, dentro de las cuatro actividades principales en el proceso de cosecha de frijol, dos se encontraban en una clasificación de riesgo alto o muy alto, por lo cual la actuación en las medidas de corrección debe ser inmediatas.

Debido a esto, los trabajadores o personal que se encuentran a cargo de realizar estas actividades pueden llegar a padecer o padecen afectaciones musculoesqueléticas. La carga postural y física que sufren estos es de gran intensidad, por lo cual, la mejor opción es implementar un mecanismo que aligere dicha carga.

El mecanismo que se encuentra en desarrollo presenta un sistema de funcionamiento que no solo representaría menor esfuerzo para los trabajadores, sino que también lograría que dicho proceso sea más eficaz.

4.2 Resultados: Prueba ANOVA.

Esta prueba estadística se aplicó con la finalidad de obtener valores reales que nos permitan crear un intervalo de ajuste en las diferentes secciones anatómicas que fueron medidas.

La desviación estándar que presentó la prueba nos indica que las mediciones realizadas a la muestra seleccionada no presentaban una tendencia a la media, por lo cual, dichas mediciones fueron completamente aleatorias y significativas.

Es por ello, que dichas medidas anatómicas servirán como base para establecer el intervalo de ajuste y dimensiones del mecanismo.

Capitulo 5: Conclusiones.

La cosecha del frijol es una de las actividades con mayor impacto en la población mexicana, debido a la cantidad de generación de empleos que esta genera, el consumo de este alimento por la propia población y el flujo económico generado por su exportación.

En el presente proyecto se analizó y evaluó de manera ergonómica el proceso de cosecha de frijol, destacando que esta labor genera un significativo desgaste físico a las personas que lo desempeñan, repercutiendo en su salud y bienestar si esta se sigue realizando de la misma forma.

Es por lo cual, que se presenta en desarrollo un dispositivo para agilizar la cosecha de frijol, además de ofrecer a los trabajadores un sistema de trabajo que presente una menor carga física y una mayor efectividad.

Para la implementación de este dispositivo es necesario el desarrollo de mediciones y pruebas que nos permitan saber las medidas anatómicas de la población a la que estará dirigida, con el uso de instrumentos de medición antropométricos se evaluó a una muestra representativa, dichos valores también fueron analizados estadísticamente con el fin de determinar si estos eran representativos o no, y calcular sus estadísticas básicas.

Dichos resultados nos permiten adaptar el diseño del mecanismo en desarrollo al usuario al que estará destinado, tomando en consideración sus medidas anatómicas y logrando conseguir un intervalo de ajuste, que presente una mayor comodidad para el usuario y un mejor desempeño de la labor.

Después de haber realizado ambas evaluaciones, se concluye que es necesario un cambio en el proceso de cosecha de frijol, el cual será mejorado con la implementación del dispositivo en desarrollo. El cual una vez implementado, podría ser evaluado de igual manera que el proceso manual, haciendo una comparación en la efectividad de ambos.

Referencias:

- 1.- Alonso, B. O., Rovir, R. F., Vegas, C. A., & Pedrosa, M. M. (2010). Papel de las leguminosas en la alimentación actual. *Actividad dietética*, 14(2), 72-76.
- 2.- Anaya-López, J. L., Ibarra-Pérez, F. J., Rodríguez-Cota, F. G., Ortega-Murrieta, P. F., Acosta-Gallegos, J. A., & Chiquito-Almanza, E. (2021). Leguminosas de grano en México: variedades mejoradas de frijol y garbanzo desarrolladas por el INIFAP. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, (25), 63-75.
- 3.- Andrade, R. C. D. (2017). Implementación en Microsoft Excel de métodos de evaluación ergonómica de puestos de trabajo.
- 4.- Arenas-Ortiz, L., & Cantú-Gómez, Ó. (2013). Factores de riesgo de trastornos músculo-esqueléticos crónicos laborales. *Medicina Interna de México*, 29(4), 370-379.
- 5.- Combarros Arias, A. (2013). Aplicación de la ecuación Niosh en un almacén.
- 6.- Cuixart, S. N. (2001). NTP 601: Evaluación de las condiciones de trabajo: carga postural. Método REBA (Rapid Entire Body Assessment). Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo.
- 7.- Escalante, M. (2009). Evaluación ergonómica de puestos de trabajo. Madrid: Epísteme.
- 8.- Estrada Castillón, E., Villarreal Quintanilla, J. Á., & Jurado, E. (2005). Leguminosas del norte del estado de Nuevo León, México. *Acta botánica mexicana*, (73), 1-18.

- 9.- Fragoso, S. E. B. (2020). Evaluación del riesgo ergonómico mediante el método REBA y su relación con el dolor musculoesquelético: Revisión bibliográfica. *anuario2020*, 1(1), 243-260.
- 10.- González (2003). *Manual Básico "Prevención de Riesgos Laborales"* THOMSON. España. Madrid.
- 11.- Lite, A. S., García, M. G., & del Campo, M. Á. M. (2007, September). Métodos de evaluación y herramientas aplicadas al diseño y optimización ergonómica de puestos de trabajo. In *XI Congreso de Ingeniería de Organización* (pp. 0239-0250).
- 12.- Microm. (s. f.). Equipos para cosecha de frijol. Recuperado 26 de noviembre de 2023, de https://assets.websitefiles.com/5f3a911de5264febd959049a/5f52b92b80177e4e6b316acf_catalogo-equipos-para-frijol.pdf
- 13.- Mondelo, P., Torada, E. & Castrejón, E. (1992). *Ergonomía. Fundamentos*. México: Alfaomega.
- 14.- Nogareda, S. (1997). *NTP 452: evaluación de las condiciones de trabajo: carga postural*. Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales Españã; Instituto Nacional de Seguridad e Higiene En El Trabajo.
- 15.- Rodríguez Sáez, S. (2013). *Evaluación de riesgos ergonómicos mediante el Método RULA*.
- 16.- Sánchez, J., & Ordaz, C. (2013). Análisis de posturas por el método OWAS incorporando una plataforma virtual para auxiliar el estudio ergonómico. In *Ciencias de la Ingeniería y Tecnología Handbook TI: Congreso Interdisciplinario de Cuerpos Académicos* (pp. 54-66). ECORFAN.
- 17.- Sánchez, M. G. O. (2017). *Fundamentos de ergonomía*. Grupo editorial patria.

- 18.- Secretaría de Agricultura y Derecho Rural. (2015, 13 octubre). *Leguminosas, el alimento de todos*. Recuperado 26 de noviembre de 2023, de <https://www.gob.mx/agricultura/es/articulos/leguminosas-el-alimento-de-todos#:~:text=Las%20principales%20legumbres%20consumidas%20por,%2C%20fibra%2C%20minerales%20y%20vitaminas>.
- 19.- Tongombol Chuquimango, D. V., & Cartolin Marcelo, F. K. (2019). Evaluación de riesgos ergonómicos aplicando los métodos OWAS Y REBA en los puestos de trabajo de la empresa MAXLIM SRL- Cajamarca.
- 20.- Valois Cuero, M. N., & Rivera Peñuela, J. (2019). Guía práctica para la aplicación de la ecuación de NIOSH en el dolor lumbar (Doctoral dissertation, Universidad Santiago de Cali).