



Pontificia Universidad
JAVERIANA
Bogotá

ESTUDIO DE LA DEMANDA MECÁNICA EN LAS EXTREMIDADES
SUPERIORES EN TAREAS DE CORTE MANUAL DE ROSAS

SHYRLE BERRIO GARCIA

DIRECTOR
LOPE HUGO BARRERO SOLANO

PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
MAESTRÍA INGENIERÍA INDUSTRIAL
BOGOTÁ D.C.
2011

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	5
1. INTRODUCCIÓN	7
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	8
3. FORMULACIÓN DE LA PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	10
4. OBJETIVOS	11
4.1 OBJETIVO GENERAL	11
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
5. ESTADO DEL ARTE	12
5.1 DESORDENES MÚSCULO-ESQUELÉTICOS	12
5.2 FACTORES DE RIESGO DE DESORDENES MÚSCULO-ESQUELÉTICOS	13
5.3 MÉTODOS DE MEDICIÓN DE EXPOSICIÓN MECÁNICA	17
5.4 DISEÑO DE HERRAMIENTAS	18
6. METODOLOGÍA	22
6.1 POBLACIÓN Y MUESTRA	22
6.2 DISEÑO DEL ESTUDIO	23
6.3 PROCEDIMIENTOS	25
6.4 VARIABLES DEPENDIENTES	27
6.5 VARIABLES INDEPENDIENTES	29
6.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE DATOS	30
7. RESULTADOS	31
7.1 COMODIDAD Y ESFUERZO	31
7.2 USABILIDAD DE LAS HERRAMIENTAS	32
7.3 CARGA POSTURAL	32
7.4 ACTIVIDAD MUSCULAR	34
7.5 ANÁLISIS GENERAL DE RESULTADOS	36
8. CONCLUSIONES	37

9. RECOMENDACIONES **40**

10. REFERENCIAS **42**

AGRADECIMIENTOS

A Dios, guía y autor principal de este proyecto, a Flores de Bojacá y todos sus trabajadores, en especial a su gerente Jorge Luna, la Directora de Gestión humana Angélica Tobasia y a Paola Martínez, coordinadora de Salud ocupacional que nos permitieron realizar el estudio de campo, a Colciencias, al Dr. Carlos Ceballos, a mi madre, a Yuri, Sheilyn, Alejandro y Maribel que son mi principal motivación, a toda mi familia, a los profesores de la Maestría en Ingeniería Industrial en especial al Ingeniero Lope Hugo Barrero, al personal del Centro de Estudios de Ergonomía, bajo la dirección del Ingeniero Leonardo Quintana y su maravilloso equipo en especial Jorge Cordoba, Oscar Bernal, Jean Pulido, María Fernanda Maradei, Magda Monroy, Christian Zea, Eliana Peña, Luis Andrés Saavedra y Pablo Bastidas; a mis amigos que hicieron parte especial de este trabajo, a Nelson Suarez, Mafe Martínez, Julieta Galvis, Adriana Núñez, Johana Castellano, Jeilson Bravo y, en general, a todos los que hicieron posible esta obra.

RESUMEN

El sector floricultor es la actividad económica con mayor número de casos de enfermedades profesionales en Colombia, principalmente aquellas que comprometen extremidades superiores. La tarea de corte, una de las más demandantes se realiza en la actualidad con herramientas no diseñadas para nuestra población laboral. Por este motivo, se desarrolló un estudio experimental de medidas repetidas en campo con 16 trabajadores que realizaran tareas de corte de rosas; cuyo objetivo fue comparar la demanda mecánica en extremidades superiores de las tareas de corte con dos tijeras (Felco-2® y prototipo ergonómico) y bajo diferentes condiciones de altura (nivel del codo y por encima del hombro) que son comunes en la industria. Para la comparación se midió la actividad muscular, posturas, usabilidad de las herramientas e incomodidad percibida durante la tarea. La comodidad y la usabilidad fueron evaluadas a través de un instrumento de auto-reporte; el análisis postural se hizo mediante electrogoniometría (EGM), verificando a través de la distribución estadística de postura, velocidad y aceleración; para la actividad muscular, medida a través de señales de electromiografía de superficie, se hizo el análisis de distribución de las amplitudes (APDF por sus siglas en Inglés); las señales fueron procesadas en Matlab, donde se hizo un filtrado, rectificado y suavizado con una ventana de datos de 200 msec para los datos de electromiografía (EMG); con respecto a los datos de goniometría; se realizaron a través del software de Biometrics dos derivadas de la función para hallar las variables cinemáticas (Velocidad y aceleración, respectivamente). Para los análisis estadísticos se utilizó un modelo lineal general univariado. En el estudio se halló que la herramienta tradicional es significativamente más cómoda ($p=0.0004$), pero implica mayores esfuerzos principalmente en los cortes por encima del hombro ($p=0,0042$); a nivel de usabilidad se halló que el mango rotativo es lo que resulta menos funcional y cómodo de acuerdo a la percepción auto-reportada por los participantes. Los resultados del modelo analizado permitieron identificar la significancia de algunas variables; la Felco-2® muestra más variaciones y posturas medias superiores a nivel de flexión-extensión de muñeca y pronación-supinación con respecto a las de la herramienta prototipo ($P <0,001$); A nivel de las variables cinemáticas, se evidenció que la Felco-2® incide en mayores rangos de velocidad y por tanto de aceleración con respecto a la herramienta prototipo. En la actividad muscular se identificó que el músculo ECU es el más activado al ejecutar las tareas de corte principalmente con la herramienta prototipo; el deltoides, se activa más en los cortes que se realizan por encima del hombro y los extensores tienen mayor actividad que los flexores. En conclusión, la herramienta prototipo proporciona

algunas ventajas para las tareas de corte de rosa principalmente en cuanto a la cinemática del movimiento, aunque se requiere desarrollar prototipos más avanzados que mejoren las cargas posturales y musculares observadas (especialmente en cuanto a la extensión de la muñeca), y que tengan en cuenta factores como la dirección de la herramienta, tipo de cuchillas y diseño del sistema de seguridad de la misma.

1. INTRODUCCIÓN

La necesidad de investigar e identificar las causas de los desordenes músculo-esqueléticos de la población laboral colombiana y los medios para prevenir su ocurrencia es creciente. Dichos desórdenes constituyen una importante proporción de todas las enfermedades ocupacionales ocurridas en Colombia. Además, su ocurrencia ha tenido un incremento acelerado durante los últimos años, y sus efectos pueden verse a nivel social, económico, legal e industrial [1].

Diversos estudios han permitido encontrar trabajos y tareas que representan un riesgo alto de desarrollar desordenes músculo-esqueléticos. El sector floricultor, que constituye una de las principales actividades económicas en Colombia, ha sido principalmente afectado por este tipo de desórdenes. Se estima que un 9% del total de los trabajadores que han desarrollado enfermedades ocupacionales, pertenecen al sector floricultor; de los cuales el 89% constituyen desordenes músculo-esqueléticos [2].

Las tareas del sector floricultor se caracterizan por el uso intensivo de trabajo manual; en particular, las tareas de corte de rosas, implica el uso de herramientas y realizar movimientos repetitivos; factores que podrían explicar las frecuencias de enfermedades y desórdenes músculo-esqueléticos en la población de este sector [2]. Sin embargo, pocas alternativas se conocen para solucionar las cargas asociadas a este tipo de problemáticas.

Por tales razones este estudio se enfocó en comparar la demanda mecánica en las extremidades superiores durante tareas de corte de rosas, usando diferentes tipos de herramientas y altura de corte, con la finalidad de aportar información valiosa para el desarrollo de estrategias que permitan identificar y evaluar las ventajas y factores por mejorar la herramienta prototipo, todo con la finalidad de mejorar las condiciones de trabajo de esta importante población del país.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los trastornos o desórdenes musculoesqueléticos (DME) están presentes a nivel mundial en muchos países, con un impacto sustancial en términos de costos y calidad de vida [3]. Aquellos que se presentan en las extremidades superiores tienen una incidencia particularmente alta, principalmente entre las ocupaciones que requieren el uso de movimientos repetitivos de muñeca [4]; de igual modo este tipo de desórdenes ha estado durante mucho tiempo asociado con factores de riesgo tales como la aplicación de fuerza excesiva, los requerimientos de posturas sostenidas y con frecuencia extremas y la presencia de vibraciones en el segmento mano-brazo [5].

En el mundo, los desórdenes musculoesqueléticos de la extremidad superior, incluidas las del hombro, fueron responsables de un 22,7% en el total del ausentismo laboral en 2005; de las cuales el 12,8% incluyen lesiones de la mano y dedos, y el 9,9% de la muñeca y brazo [6].

Para el caso colombiano, de acuerdo con informes del Ministerio de Protección Social, la ocurrencia de desórdenes musculoesqueléticos de extremidad superior ha sido identificada principalmente en el sector floricultor. En esta actividad económica se ha venido presentando el mayor número de casos de enfermedades profesionales, presentando un 9% del total de los casos reportados en el periodo comprendido entre los años 2003 y 2005 [2]. Entre los trastornos más notificados en esta actividad están el síndrome de conducto carpiano, tendinitis, síndrome del manguito rotador, es decir, aquellas enfermedades y lesiones que corresponden principalmente a trastornos de tipo músculo-esquelético [2]. Se presume que esto ocurre como consecuencia de la ejecución de las tareas de tipo manual propias de la floricultura, las cuales exigen que los trabajadores deban asumir posturas prolongadas y realizar acciones repetitivas y fuerzas excesivas. Esto en el corto plazo se evidencia en la fatiga del trabajador, la cual afecta la capacidad de los músculos para generar fuerzas [7]; en el mediano y largo plazo en la posible aparición de enfermedades profesionales que desmejoran la vida laboral de los operarios y aún peor, deterioran su calidad de vida [8]; y tienen el potencial de afectar directamente los niveles de productividad en las empresas.

Dentro del sector floricultor una de las operaciones manuales más importantes es el corte de flores, el cual consiste en seleccionar de cada cama o sección asignada la flor que se encuentra en el punto de apertura establecido y cortarla con tijera [9]. La probabilidad de que los trabajadores que realizan tareas de corte presenten condiciones músculo-esqueléticas de extremidad superior es generalmente más alta que las que se presentan al realizar otro tipo de tareas como clasificación o boncheo [9]. De acuerdo con estudios previos realizados por el Centro de Estudios de Ergonomía (CEE), se encontró que los esfuerzos realizados en tareas de corte estarían por fuera de los recomendados en la literatura existente [10]. En un estudio posterior, se encontró que esta tarea tiene demandas excesivas de fuerza y exige movimientos repetitivos en posturas por fuera de los rangos normales. Estudios como los anteriores han sugerido la necesidad de rediseñar la tarea de corte de tal manera que se reduzca la demanda de la misma.

Recientemente, el sector floricultor ha mostrado interés en implementar soluciones que involucran el cambio de herramienta de corte, así como cambios a las rutinas de mantenimiento de dichas herramientas. Sin embargo, existe poca o ninguna evidencia sobre el impacto que este tipo de cambios traería a las operaciones.

En el Centro de Estudios de Ergonomía se han hecho esfuerzos con el objeto de brindar alternativas de solución para la prevención de los desordenes músculo-esqueléticos de extremidad superior. Para esto se ha diseñado una herramienta de corte de flor que basada en la antropometría de los trabajadores colombianos, aumente la ventaja mecánica del humano, genere menos fatiga durante su uso y reduzca las posturas extremas de mano y antebrazo [11]. Esta herramienta fue probada inicialmente de manera experimental, con una muestra conveniente de 6 personas [8]; este fue un estudio piloto que permitió evaluar parcialmente los métodos para probar las ventajas biomecánicas que diferentes tijeras tendría en las operaciones de corte de flor; sin embargo, se hizo en condiciones de laboratorio; además, los sujetos no fueron trabajadores, lo cual hace difícil la posibilidad de generalizar los resultados; por último, ese estudio utilizó un prototipo menos avanzado de la herramienta desarrollada.

El presente estudio pretende comparar la demanda mecánica de las tareas de corte en las extremidades superiores usando la tijera de uso más común actualmente en el sector y un prototipo de tipo ergonómico. Específicamente, se

busca explorar las condiciones ergonómicas óptimas para efectuar las operaciones de corte de rosas, y en particular conocer las ventajas mecánicas en términos de comodidad, postura y actividad muscular que diferentes herramientas proporcionarían durante la tarea. Para la evaluación de las herramientas se buscó considerar no solo el tipo de herramienta sino otros factores que hipotéticamente tienen gran influencia en la demanda mecánica de los trabajadores que realizan dichas operaciones, como la altura de corte [8].

3. FORMULACIÓN DE LA PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

Dado el planteamiento presentado anteriormente, el presente estudio buscó responder a la siguiente pregunta:

¿Cuáles son las variaciones de la demanda mecánica en las extremidades superiores cuando se utilizan diferentes tipos de herramientas y niveles de altura al ejecutar tareas de corte?

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo General

Comparar la demanda mecánica en las extremidades superiores bajo diferentes condiciones de altura de corte y tipo de herramienta empleada al ejecutar las tareas de corte de rosas.

4.2 Objetivos Específicos

- Desarrollar protocolos detallados para la recolección de datos en un experimento que estudie el efecto de variables como el tipo de herramienta de corte y altura de corte en demandas mecánicas y comodidad del trabajo.
- Estudiar los niveles de comodidad, usabilidad, postura y actividad muscular durante la ejecución de tareas de corte bajo diferentes condiciones experimentales dadas por la herramienta y la altura de corte.
- Proponer recomendaciones para el diseño de soluciones basada en herramientas de acuerdo a los resultados obtenidos.

5. ESTADO DEL ARTE

La prevención de desordenes músculo-esqueléticos relacionados con el trabajo, se han empezado a convertir en prioridad en muchos países y en diversas industrias [12]. Entre las industrias principalmente afectadas por este tipo de los trastornos, se encuentran aquellas en que se llevan a cabo tareas consideradas altamente demandantes y que implican ejecución de fuerzas y movimientos repetitivos con el uso de herramientas manuales, como las de corte y deshuesado en el sector de alimentos [13], el ordeñado de vacas [14,15] y las de corte de flor en el sector floricultor, que es específicamente el sector de interés de este estudio.

5.1 Desordenes músculo-esqueléticos

Los desordenes músculo-esqueléticos, también conocidos como lesiones por esfuerzo repetitivo, síndromes por uso excesivo, o trastornos por movimientos repetitivos [16], se refieren de manera general a enfermedades inflamatorias y degenerativas que afectan los músculos, tendones, ligamentos, articulaciones, nervios periféricos y vasos sanguíneos. Estos incluyen los síndromes clínicos relacionados con las inflamaciones del tendón (tenosinovitis, epicondilitis, bursitis), y los trastornos nerviosos por compresión (por ejemplo, síndrome del túnel carpiano) [3, 17, 18].

Los desordenes músculo-esqueléticos relacionados con el trabajo se refieren en particular al sub-grupo de dichos desórdenes que ocurren con mayor frecuencia en poblaciones ocupacionalmente activas que en la población general. Este proyecto se enfoca en este sub-grupo de desordenes músculo-esqueléticos relacionados a tareas ocupacionales.

Los desordenes músculo-esqueléticos se pueden clasificar dependiendo de la parte del cuerpo o del tejido afectado. Entre los más comúnmente estudiados se incluyen aquellos que afectan la espalda (por ejemplo, el dolor lumbar) [19] y aquellos que afectan las extremidades superiores como el síndrome de túnel del carpo, la enfermedad de Quervein, la epicondilitis lateral y medial, el manguito rotador, entre otros [20]. Los desordenes de trauma acumulativo de la extremidad superior son resultantes del uso repetido de la extremidad superior a lo largo del

tiempo más que de un incidente aislado [21]. Existen evidencias suficientes que permiten concluir que estos desordenes de tejidos blandos en las extremidades superiores están etiológicamente relacionados con los factores ocupacionales [22] y resultan altamente costosos para el empleador, el trabajador, y la sociedad en términos de tiempo perdido de trabajo y la discapacidad resultante [16, 23].

El síndrome de túnel del carpo (STC), es el desorden ocupacional más frecuente en Colombia y en el sector industrial de interés; se consolida como la primera causa de morbilidad profesional en el régimen contributivo. Dicha patología pasó de representar el 27% de todos los diagnósticos en el año 2.001, a representar el 32% de los diagnósticos realizados durante el año 2.004, (año en que se realizó el último estudio de enfermedades ocupacionales en Colombia) [2]. El STC es la neuropatía por atrapamiento más conocida y se encuentra asociado a factores como la repetitividad, fuerza, estrés mecánico, posturas inadecuadas, vibración, temperaturas extremas, entre otras; este síndrome se caracteriza por un aumento en la presión intracarpiana que se genera principalmente durante los movimientos de flexo-extensión activa o pasiva de la muñeca y durante los movimientos laterales (en especial desviación cubital mayor de 20° o desviación radial mayor de 15°); los movimientos de los dedos, en especial si la muñeca está en posición no neutra, lo que provoca mayores presiones [18, 24].

5.2 Factores de riesgo de desordenes músculo-esqueléticos

Los trastornos músculo-esqueléticos de extremidad superior podrían estar relacionados con factores del individuo, factores psicosociales y factores mecánicos del trabajo [18, 20, 25, 26]. Estos factores pueden interactuar y estar en la raíz de la ocurrencia de los desórdenes músculo-esqueléticos con relaciones complejas que determinan por un lado la tolerancia de los tejidos a resistir cargas y por otro lado, la carga que se impone a los tejidos.

Dentro de los factores del individuo se encuentran aspectos culturales, sociales o aspectos relacionados a la antropometría del individuo como las dimensiones de la muñeca, estatura, peso e índice de masa corporal [18,20]; de igual modo se ha encontrado asociación con factores de tipo psicosocial, como la carga mental, jornadas extensa de labores, entre otros, que pueden afectar la ocurrencia de este tipo de trastornos; incluso, se han detectado relaciones de

estos desórdenes con quejas sin razón específica y somatización de los mismos [25, 26].

Aunque no se puede desestimar la importancia de los factores antes mencionados en el desarrollo de los trastornos de tipo músculo-esqueléticos de miembro superior, y en particular aquellos relacionados con el síndrome de túnel carpiano; este proyecto de investigación se enfoca en estudiar los factores mecánicos del trabajo.

Los factores mecánicos del trabajo que típicamente han sido asociados a la ocurrencia de desórdenes músculo-esqueléticos son la presencia de posturas no neutrales en los segmentos corporales, la presencia de trabajo repetitivo y la ejecución de fuerzas [3].

Los movimientos repetitivos se definen como la frecuencia de cambios entre los niveles de fuerza y duración, es decir, hacen referencia a los ciclos de movimientos [27]; son considerados un factor de riesgo importante en la etiología de trastornos músculo-esqueléticos de miembros superiores [22]. Aunque no existe una definición universal que distinga un movimiento repetitivo de uno que no lo es, en general se consideran definiciones basadas en los esfuerzos realizados por minuto, la frecuencia del esfuerzo y la velocidad o ritmo de trabajo (en general, se considera repetitivo un movimiento que se ejecute 2 o más veces por minuto) [28]. Medidas típicas de repetitividad incluyen la frecuencia media de ejecución de una tarea, la velocidad y aceleración angular de un segmento corporal en una dirección dada y el conteo de ciclos de trabajo realizado por unidad de tiempo [20].

Las posturas neutrales se refieren a la posición de descanso de cada articulación, la posición en que haya la menor tensión o presión en los nervios, tendones, músculos y huesos. También es la posición en la que los músculos están en su longitud de reposo, es decir, ni en contracción, ni extensión; por tanto las posturas no neutrales hacen referencia a cualquier postura de los segmentos corporales de tipo dinámico o estático que se encuentre fuera de la posición de descanso; los factores de incomodidad son evaluados con respecto a las posturas neutrales de las articulaciones, por tal razón es un factor base para el diseño de equipos, herramientas, entre otros materiales de gran manipulación [29, 30]

La ejecución de fuerzas excesivas se refiere a una carga alta en los músculos, tendones, ligamentos, articulaciones y discos. De acuerdo al Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH) la ejecución de fuerzas excesivas son considerados uno de los factores de exposición que más contribuye al desarrollo de trastornos músculo-esqueléticos de extremidad superior relacionados con el trabajo. Varios métodos de evaluación de la exposición utilizan las estimaciones de la fuerza como medida primaria para la determinación del riesgo de lesión [31, 32].

Diversos estudios se han realizado con el objeto de conocer la importancia que los factores mecánicos del trabajo tienen con la ocurrencia de desórdenes músculo-esqueléticos de extremidad superior. La evidencia epidemiológica señala una fuerte asociación entre los trastornos músculo-esqueléticos de la extremidad superior, como la tendinitis y el síndrome del túnel carpiano, y la realización de trabajos manuales repetitivos que combinan ejercicios de fuerza de agarre y desviaciones posturales de la muñeca [33].

En trabajos de oficina se ha encontrado que el síndrome de túnel carpiano se asocia a condiciones laborales que impliquen actividades de alta demanda de movimientos de miembros superiores o aquellas de tipo sedentarias. Algunos estudios se han enfocado en casos donde los trabajadores de oficina son trasladados o se presentan modificaciones en su entorno de trabajo, es decir cuando hay presencia de intervenciones en el trabajador, el ambiente o en la fuente [34]. Los objetivos principales en este tipo de investigaciones son utilizar los hallazgos para desarrollar cambios en los ambientes de trabajo que se traduzcan en reducciones de los trastornos músculo-esqueléticos [25, 35].

En otros trabajos, existen reportes de una alta incidencia en el desarrollo de los trastornos músculo-esqueléticos de la extremidad superior en tareas propias de la industria del envasado de alimentos o tareas de corte de carnes, pescados, aves o mariscos, en las que los trabajadores se ven obligados a asumir frecuentemente la desviación cubital con aplicación simultánea de fuerza [4].

En un estudio desarrollado para evaluar las variables asociadas con los movimientos repetitivos de la muñeca se encontró que las variables de velocidad y aceleración tienen alta significancia en los niveles de riesgo de los trastornos musculoesqueléticos, mientras que las variables de posición de muñeca no, lo

cual demuestra la importancia de los componentes dinámicos en el riesgo asociado a los trastornos musculoesqueléticos de miembro superior, específicamente de muñeca. Este estudio enfatiza en la importancia de mediciones dinámicas en la evaluación ergonómica de los trabajos en el sector industrial [20].

De igual modo se han desarrollado estudios que han permitido evaluar los efectos de los niveles de progreso de la automatización industrial en los movimientos repetitivos en la muñeca, teniendo en cuenta que este factor se encuentra asociado a muchas tareas del sector industrial [36], lo que aumenta la prevalencia de desórdenes músculo-esqueléticos en la población laboral. Algunas industrias o actividades que implican este factor de riesgo son la industria del calzado [37], tareas de armado, recoger y dejar [38], actividades de embalaje y principalmente aquellos que requieren el uso de herramientas de mano [39], como el caso de las tareas de corte de flores, que es el centro de estudio de este proyecto.

Estas asociaciones son visibles también en ocupaciones que requieren el uso de herramientas manuales. La ocurrencia de trastornos músculo-esqueléticos relacionados con el trabajo es frecuente en ocupaciones como la de dentista o higienista dental, posiblemente asociadas con el esfuerzo al realizar operaciones de pinchar durante trabajos periodontales [40]. De igual forma, esto se hace evidente en médicos, principalmente, en aquellos que requieren de instrumentos que exigen esfuerzos manuales como el uso del equipo de laparoscopia, entre otros [41, 42, 43].

En Colombia, y en particular en el sector floricultor también se han estudiado los factores que estarían principalmente asociados a la ocurrencia de desórdenes músculo-esqueléticos de extremidad superior. El Centro de Estudios de Ergonomía de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Javeriana, realizó por encargo de la ARP SURA una investigación que buscó estimar la asociación de los signos y síntomas de desórdenes músculo-esqueléticos de miembro superior con los factores de riesgo mecánico del trabajo, en particular en tareas de cosecha y corte de rosas. Este estudio logró identificar las tareas de corte como actividades mecánicamente demandantes para el humano, porque exige aplicación frecuente de fuerza y adopción de posturas dañinas de desviación ulnar de la mano y frecuente pronación/supinación del antebrazo [9].

5.3 Métodos de medición de exposición mecánica

Los estudios de exposición a factores mecánicos posturales, de repetición y de fuerza de origen ocupacional buscan estimar la carga que se impone a las personas, y en particular a sus músculos [44] y otros tejidos importantes.

La medición de fuerza típicamente se ha realizado a través de métodos de medición directa, por ejemplo, usando dinamómetros y torquímetros se ha podido estimar las demandas externas que una tarea requiere [45, 46, 47]. En particular, se ha reportado que la fuerza de agarre de una tarea puede ser el principal contribuyente a la predicción de los niveles de actividad muscular, explicando más del 70% de la varianza en los niveles de activación de los músculos flexores y hasta el 60% en los niveles de activación de extensores, respectivamente [44]. Recientemente, con frecuencia también se ha usado la electromiografía de superficie; con esta técnica se evalúa la actividad muscular en los principales grupos musculares involucrados en una tarea para tratar de inferir la carga a la que se exponen dichos músculos [48, 49]. Esta técnica ha sido ampliamente utilizada en estudios de ergonomía [50, 51, 52].

Otros métodos usados para medir fuerza están basados en la observación y el auto-reporte [31]; ejemplos de métodos basados en el auto-reporte incluyen los cuestionarios y reportes basados en escalas de medición como la escala de Borg [28]; este tipo de métodos comparados con otros instrumentos de medición ofrecen una buena relación de costo-beneficio y los resultados son de fácil análisis [53, 54]. Por otro lado, los métodos observacionales comúnmente usados para este factor incluyen modelos biomecánicos [55] y análisis a través de videos, algunos ejemplos del uso de estos métodos incluyen los estudios de Spielholz (2001) y Neumann (1999) [12, 31 56].

La medición de las posturas utilizando métodos de medición directa es realizada generalmente a través de goniómetros que pueden ser manuales o electrónicos [9]. Algunos de los instrumentos electrónicos realizan además el procesamiento automático de la información para generar una conclusión sobre la condición del trabajo. [57, 58]; para la medición de este factor también son usados los métodos de observación, que probablemente son los utilizados con más frecuencia para realizar seguimiento de los efectos de los cambios ergonómicos y

realizar investigaciones sobre estos factores; algunos ejemplos de este tipo de instrumentos son: PATH (Posture, Activity, Tools and Handling), PEO (Portable ergonomic observation), RULA (Rapid Upper-Limb Assessment) y REBA (Rapid Entire Body Assessment) [54, 55, 59]. Algunos ejemplos de los métodos de auto-reporte, que también son instrumentos de gran valor para este factor, son las entrevistas, diarios de los trabajadores, cuestionarios, entre otros [12, 54].

Para la medición del factor de repetitividad se utilizan instrumentos de medición directa como las goniometrías antes mencionadas, que una vez procesadas pueden resultar en indicadores que permitan analizar posturas extremas, velocidades y aceleraciones que reflejan la intensidad y repetitividad del movimiento. De igual modo, existen instrumentos basados en el método de observación que son índices que sintetizan la información para describir los factores de riesgo relacionados a acciones repetitivas en el trabajo que son además muy usados en la industria. Algunos ejemplos de estos instrumentos son el OCRA (Occupational Repetitive Action) y el JSI (Job Strain Index), que integran factores interesantes para la medición de la exposición de este factor ergonómico [55, 60, 61]. Otros métodos usados para este factor de riesgo son los auto-reportes que aunque son considerados muy adecuados para este tipo de mediciones, existen discusiones acerca de la exactitud que ofrecen estos instrumentos. Algunos estudios han concluido que la precisión de estos métodos basados en auto-reporte puede ser suficiente para algunas aplicaciones, pero a nivel individual resulta deficiente, por tal razón se han generado herramientas de auto-reportes como cuestionarios o diarios para los trabajadores con elementos que ofrezcan mayor precisión y exactitud en los resultados [62].

5.4 Diseño de herramientas

Resulta razonable pensar que un correcto diseño de los instrumentos utilizados en las operaciones, generarán grandes beneficios para los trabajadores, partiendo de la premisa de que permitirían reducir las demandas mecánicas relacionadas a este tipo de tareas.

Existen cinco factores principales para el proceso de diseño de las herramientas manuales, teniendo en cuenta lo que puede afectar la salud y el rendimiento de los usuarios: carga estática de los músculos del brazo y el hombro que resulta en fatiga y dolor; posición incómoda de la mano, la presión en la palma

de la mano y los dedos, las vibraciones y la exposición al ruido con el uso de herramientas eléctricas y puntos de agarre con las herramientas de doble mango [63].

En el diseño de herramientas para las tareas manuales, a lo largo de los años, se han realizado esfuerzos e investigaciones que se han dedicado a la exploración y entendimiento de la relación entre la capacidad humana de realización y diseño de herramientas de mano, con el fin de garantizar que las herramientas manuales sean usadas con mayor eficacia, precisión, comodidad y seguridad [64].

De hecho el factor principal al seleccionar o diseñar una herramienta de mano es lograr que la herramienta sea adecuada para las operaciones realizadas en el lugar de trabajo. Cada lugar de trabajo generalmente requiere algo diferente, lo que compromete a menudo lo que se debe hacer en relación con la especificidad de cada tarea o puesto de trabajo. Algunos lineamientos generales que deben ser revisados son: longitud del mango, diámetro del mango, espacio para la mano, otras características de diseño del mango, interruptores y guardas, peso de la herramienta y la suspensión y el propósito especial de la herramienta [63].

Existen estudios que están orientados en identificar las partes de las tareas de tipo manual que implicarían mayores esfuerzos para el trabajador, y a su vez utilizar dicha información para apoyar basado en evidencia el rediseño de herramientas y de las estaciones de trabajo. Varias de estas investigaciones están enfocadas en verificar la activación muscular y postural de miembros superiores en actividades que requieren el uso de herramientas de tipo manual, y se han desarrollado mediante el uso de electromiografías de superficie y mediciones digitales de gonometría, respectivamente [49, 50, 57, 65]; estos, entre otros métodos de medición, permiten identificar las partes de las tareas que representan mayor demanda mecánica para los trabajadores, y a partir de la información que arrojan es posible proponer mejoras a los diseños de las tareas y factores asociados a las mismas.

En el estudio de Katharyn y colegas (1998), se realizó la evaluación en tareas manuales de corte de carne con el objetivo de identificar las posturas que

tienen alto potencial de causar heridas por esfuerzo excesivo. Este estudio concluye que cambios significativamente pequeños en el mango de las herramientas que permitan ejercer un agarre a mano llena, pueden llegar a reducir la activación muscular hasta un 80% [50].

De igual modo, estudios como los realizados por Spielholz y colegas (2001), donde se evaluaron tres tipos de herramientas para una tarea de lijado son un ejemplo de cómo la investigación detallada y sistemática de las demandas ergonómicas de una misma tarea, ejecutada bajo diferentes condiciones, puede ser útil para orientar el diseño de la misma. En ese estudio se analizaron tres factores importantes que fueron el diseño de la herramienta, las técnicas de evaluación ergonómica y la utilidad para su fácil aplicación en cualquier industria. En el estudio se evidenció la preferencia de los trabajadores hacia la herramienta en la que se percibió menos malestar y vibraciones. Los autores basados en los resultados obtenidos, resaltaron la necesidad de información objetiva en la toma de decisiones para el diseño de herramientas y equipos [66].

Otros casos interesantes en los que se busca desarrollar técnicas de mejora en las demandas mecánicas de las tareas son los desarrollados en la actividad de ordeño de vacas. En esta se utilizaron registros electromiográficos para evaluar el impacto de la tensión muscular en las estructuras nerviosas bilaterales durante el ordeño, en dos sistemas diferentes de ordeño. Los resultados de estos estudios se proponen como base para el desarrollo de nuevas técnicas adaptadas a las exigencias antropométricas y del trabajo de las mujeres ordeñadoras, con el fin de reducir el riesgo de lesiones en la extremidad superior [14, 15, 65].

Un ejemplo interesante de diseño de herramienta debido a su implementación en un sector con gran prevalencia de lesiones por movimientos repetitivos, como lo es el sector de los estilistas, fue el desarrollado por Chiavaras y Neimken (2000); ellos usaron los resultados de su trabajo como... para diseñar una tijera de peluquería que incorpora algunas de las características de una herramienta de diseño ergonómico y permite aliviar los síntomas de las lesiones por movimientos repetitivos y mejorar la mecánica del cuerpo [67].

Por su lado, uno de los objetivos principales en los estudios de evaluación de las herramientas manuales, es identificar los factores predictivos de comodidad

e incomodidad en su uso [68, 69] para el diseño de nuevas herramientas o el rediseño de herramientas existentes. De acuerdo a resultados obtenidos en estos estudios, se ha definido que a primera vista la comodidad esperada de la herramienta se puede predecir por la estética, aunque existen otros factores que también han sido considerados como predictores importantes de comodidad general después de su uso a corto plazo, y son la funcionalidad la interacción física, y los efectos adversos del cuerpo [69]; de igual modo se han identificado atributos relacionados con la facilidad de uso, como son: el aprendizaje; la eficiencia (de tal modo que permita el incremento de la productividad), la memoria (es decir, un sistema fácil de recordar), razones bajas de error y la satisfacción en el uso [70].

En este proyecto, también se busca avanzar en el conocimiento sobre el uso de herramientas aportando información sobre las ventajas que diferentes diseños de herramientas de corte de rosa pueden tener en las demandas posturales y musculares del trabajo.

6. METODOLOGÍA

6.1 Población y muestra

La población de estudio fue tomada de una empresa del sector floricultor en la sabana de Bogotá. En esta empresa se invitó a una muestra de dieciséis trabajadores que tuvieran experiencia en tareas de corte de rosas. El tamaño de la muestra fue inicialmente calculado con métodos estadísticos estándares y ajustado a 16 de acuerdo con las restricciones de la empresa. Se excluyeron trabajadores que presentarán diagnósticos de enfermedades ocupacionales, antecedentes de accidentes laborales que hayan presentado consecuencias músculo-esqueléticas y otras patologías de este tipo (Tabla 1).

Tabla 1. Características demográficas de la población del estudio

Características Demográficas

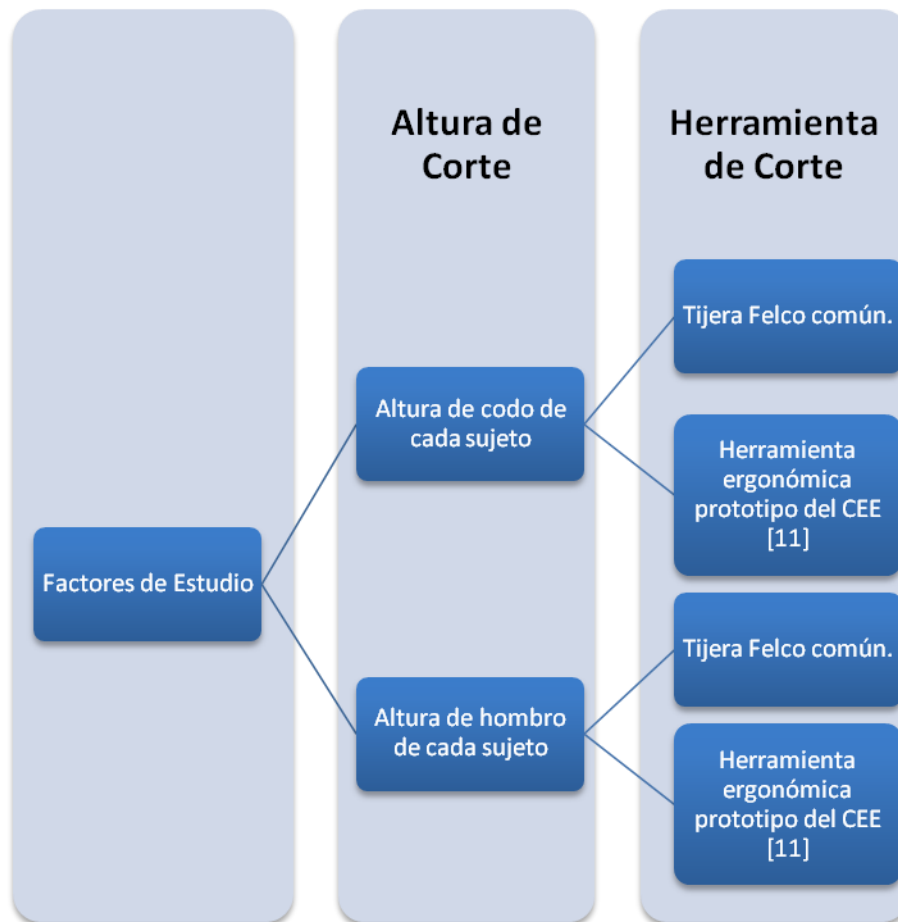
Hombres:	31%
Mujeres:	69%
Rango de edad:	20 – 60 años
Promedio edad:	35.3 (DE= 10.5 años)
Diestros:	75%
Zurdos:	25%
Promedio experiencia en corte de rosa:	6.2 (DE= 5.8 años)
Estatura	1.58 (DE=0.07 m)
Índice de masa corporal (IMC)	25±(DE=2.6 Kg/m ²)

DE: Desviación estándar; n=16.

6.2 Diseño del estudio

Este es un estudio de tipo experimental con medidas repetidas; todos los trabajadores participantes llevaron a cabo cada uno de los tratamientos establecidos, cuyo orden de aplicación se generó de forma aleatoria. Se estudiaron los efectos de las herramientas, a diferentes alturas (altura de trabajo en codo y por encima del hombro) (Figura 1), en incomodidad percibida, usabilidad, posturas, velocidades y aceleraciones de movimientos y la actividad muscular de la extremidad superior durante tareas de corte de rosa.

Figura 1. Factores y niveles de estudio



Los niveles de los tratamientos se basaron en los resultados hallados en investigaciones relacionadas y observaciones empíricas. Por un lado, se quiere probar una herramienta prototipo alternativa diseñada para colombianos que aumente la ventaja mecánica del trabajador en relación a una herramienta tradicional comúnmente usada en el mercado (Felco-2®) que es fabricada en Suiza no pensada para Colombianos. Por otro lado, el factor altura se incluyó teniendo en cuenta que los trabajadores en la actualidad en el sector requieren hacer cortes en las alturas seleccionadas [9]; y pensando en que es posible que los resultados de comparación de las herramientas variaran dependiendo de estas alturas. El escenario para las pruebas fue real, es decir, se tomaron mediciones mientras los trabajadores hacían su trabajo regular en sus zonas de corte asignadas (Figura 2).

Figura 2. Desarrollo en campo de las pruebas



6.3 Procedimientos

Para la ejecución del proyecto se desarrolló un protocolo detallado que sirvió como guía para la investigación (Anexo 1), buscando controlar factores de riesgos que pudieran generar errores en el procedimiento y en los resultados. Factores como hora del día, temporada de producción (alta o normal), variedad de rosa, fueron considerados para evitar factores que confundieran e invalidaran los resultados; todas las pruebas fueron realizadas al inicio de la jornada, en una temporada de cortes normales o habituales y con los tres tipos de variedades de rosas principales o de mayor demanda en el cultivo.

Inicialmente se identificaron empresas del sector floricultor que estuvieran dispuestas a participar en el estudio; después se hizo el contacto con la empresa que estuvo dispuesta a participar en el estudio para solicitar la información de los trabajadores potenciales que cumplieran con los criterios requeridos para la investigación. Con base en esa información se seleccionaron aleatoriamente entre aquellos que estaban dispuestos a participar en el estudio los dieciséis trabajadores que conformaron la muestra establecida de participantes.

Después de seleccionada la muestra de trabajadores, se hizo la presentación formal del proyecto a los participantes de manera individual. Posteriormente, se solicitó a quienes estuvieron dispuestos a participar de su consentimiento informado a través de un acta que debieron leer y firmar para confirmar su aceptación y conocer los requerimientos detallados para la aplicación de los procedimientos del proyecto (Anexo 2). En los casos en que alguno de los trabajadores de la muestra decidiera no participar en el estudio, se procedía a seleccionar otro trabajador de la lista inicial de las empresas. Sin embargo, ninguno de los trabajadores se negó a participar en el estudio.

Después del consentimiento informado, se continuó con la recolección de datos; se aplicaron las encuestas sobre información personal como datos generales, antecedentes médicos, entre otros y la información laboral como son horarios, frecuencia de las tareas, percepciones de esfuerzos y demás datos que se especificaron en las herramientas para el auto-reporte (Anexo 3), con el fin de realizar el análisis de datos a todos los participantes del proyecto.

Luego se procedió a la recolección de datos. Durante cada tratamiento se llevó a cabo la medición directa de la actividad muscular y carga postural; siguiendo un protocolo detallado que permitió estandarizar las actividades (Anexo 4); dicha recolección se realizó directamente en campo (Figura 3), usando equipos programables de datos de electromiografía de superficie y electro-goniometría (Biometrics, UK), respectivamente. En esta etapa se prepararon las instalaciones y los equipos de trabajo y se procedió a la ubicación de los dispositivos en primer lugar los sensores de EMG, con los cuales se realizaron los MVC (Contracción máxima voluntaria) de cada músculo y después de realizadas estas maniobras, se ubicaron los goniómetros electrónicos, en los miembros superiores de los trabajadores, quienes ya instrumentados realizaron de forma aleatoria todas las combinaciones con los niveles de los factores estudiados (Figura 1); la recolección de datos para los niveles de incomodidad a través de un formato de auto-reporte (Anexo 5), se realizó al terminar cada una de las pruebas; al culminar todas las combinaciones se procedía a aplicar el formato de auto-reporte para medir la usabilidad de las herramientas (Anexo 6); finalmente, se evaluaron y analizaron los datos obtenidos. El procesamiento de las señales posturales y electromiográficas se presenta en la sección de variables dependientes. El procedimiento de análisis de datos se presenta en la sección correspondiente.

Figura 3. Uso de la herramienta tradicional - Felco-2® (Izquierda). uso de herramienta prototipo ergonómica (Derecha).



6.4 Variables dependientes

Las variables dependientes fueron la incomodidad, la usabilidad y las demandas mecánicas, específicamente la carga postural y sus variables cinemáticas y la actividad muscular.

La incomodidad fue evaluada a través de un instrumento de auto-reporte (Anexo 5), que permitió medir a través de la escala de BORG [71], la percepción de incomodidad y a través de una escala ordinal, el esfuerzo percibido por los trabajadores en sus miembros superiores al desarrollar las tareas bajo las diferentes combinaciones de los factores evaluados.

La usabilidad fue evaluada a través de una herramienta de auto-reporte (Anexo 6), aplicada al final del desarrollo de todas las pruebas, midiendo la percepción de los participantes con respecto al uso de la herramienta. Como descriptores de comodidad o incomodidad para la usabilidad de las herramientas de mano se obtuvieron diferentes factores de confort, que han sido clasificados en tres grupos significativos: funcionalidad, interacción física y apariencia [70]; aunque, para este proyecto solo se midieron los factores de funcionalidad e interacción física.

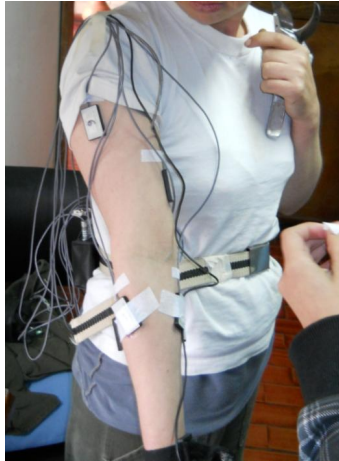
La carga postural y dinámica (velocidades y aceleraciones), se evaluaron con la medición de la postura de la muñeca, brazo y antebrazo (flexión y extensión de muñeca y codo, pronación-supinación del antebrazo y desviación ulnar-radial de la muñeca). La captura de datos se realizó a través de electro-goniómetros con tecnologías basadas en sonido (Biometrics, UK), la cual usa sensores que se ubican sobre la piel para cada segmento anatómico (Figura 4). A partir de las posturas, usando los procedimientos digitales que ofrece el software del equipo y un software de herramientas matemáticas (Matlab, USA), se estimaron también las velocidades y aceleraciones. Se estimaron variables específicas para las posturas, velocidades y aceleraciones de cada uno de los segmentos anatómicos medidos, incluyendo promedio, mediana, percentil 10 y percentil 90 durante la ejecución de la tarea, para cada una de las condiciones y las personas.

Figura 4. Ubicación del electro-goniómetro en los segmentos anatómicos



Para el estudio de la carga muscular, se evaluó la actividad de los músculos flexores y extensores del antebrazo, músculos del hombro y brazo dominante de cada participante (ECR: Extensor carpi radialis; ECU: Extensor carpi ulnaris; FCR: Flexor carpi radialis; FCU: Flexor carpi ulnaris; BD: Biceps y DT: Deltoides). La captura de los datos se realizó a través de señales de electromiografía de superficie, que fueron tomadas por un electro-miógrafo que analiza las diferencias de potenciales de los músculos (Biometrics, UK), el cual usa sensores que son ubicados superficialmente sobre el vientre del músculo de acuerdo con guías anatómicas estándares [72, 73]; estos sensores se aseguraban con cintas especiales que no permitieran desprendimientos del sensor (Figura 5). Posteriormente a la captura de los datos, se procedió al procesamiento de las señales realizando los procedimientos de filtrado, normalizado y suavizado (con ventanas de 50, 200 y 500 ms, pero se tomó la información de la ventana con datos de 200 mseg como ha sido empleado por otros [9, 51]); requeridos para el análisis de los datos (Matlab, USA) [74]. Por último, se procedió a estimar la distribución de la amplitud de las señales estimando el promedio, la mediana y los percentiles 10 y 90 de las señales procesadas, para todas las combinaciones de los tratamientos en todos los participantes.

Figura 5. Ubicación de los sensores de EMG en los músculos evaluados.



6.5 Variables independientes

Las variables independientes definidas, de acuerdo con el diseño experimental fueron la herramienta de corte, la altura y su interacción.

Las herramientas comparadas fueron una herramienta nueva del mismo tipo de las usadas comúnmente en el sector floricultor (Felco-2®) y una herramienta prototipo que fue diseñada con factores ergonómicos en un proyecto de grado de pregrado de estudiantes de Diseño Industrial de la Pontificia Universidad Javeriana [11], y que actualmente se encuentra desarrollando el Centro de Estudios de Ergonomía (Figura 6). Las dos herramientas usadas fueron proporcionadas a los trabajadores por el equipo de trabajo, previa limpieza y mantenimiento de las cuchillas.

Las alturas de corte evaluadas fueron las alturas de codo y superiores al hombro, es decir, al nivel de la cabeza de cada sujeto, las cuales se identificaron como las más comunes en el corte manual de rosas [9], basado en observaciones realizadas en campo y teniendo en cuenta que los cultivos en la actualidad presentan alturas superiores a los 2,5 metros en las plantas. Para asegurar que los cortes se hicieran a las alturas previstas durante las pruebas, se escogieron dos variedades de rosa diferentes que exigían a los trabajadores los cortes a las alturas definidas.

Figura 6. Herramienta prototipo con factores ergonómicos (Izquierda). Herramienta tradicional - Felco-2® (Derecha).



6.6 Análisis estadístico de datos

En primer lugar, se realizó un análisis estadístico descriptivo (media, percentiles, valores mínimos y máximos) de todas las variables capturadas en este proyecto para verificar posibles datos equivocados y estudiar la distribución general de las variables de acuerdo con los tratamientos del experimento.

Posteriormente, basados en el diseño experimental del estudio, se realizaron pruebas estadísticas con un modelo lineal general univariado con medidas repetidas como se presenta abajo (SPSS, USA).

$$Y = X_i + \beta_1 \text{Altura} + \beta_2 \text{Herramienta} + \beta_3 \text{Herramienta} * \text{Altura} + \varepsilon$$

Donde, Y es la variable dependiente; X_i : factor aleatorio del individuo, β_1 es el efecto de la variable altura, β_2 el efecto de la variable herramienta, β_3 el efecto de la interacción de las variables de altura y de herramienta, y ε el error residual. El modelo se corrió para cada variable dependiente de interés, lo cual permitió identificar diferencias significativas de los niveles de incomodidad, la actividad muscular y la carga postural para los diferentes tratamientos.

7. RESULTADOS

Los resultados están basados en las variables dependientes analizadas, las cuales fueron medidas por diferentes métodos, iniciando con herramientas de auto-reporte para medir niveles de **comodidad** en cada una de las pruebas realizadas y **usabilidad** de las herramientas probadas; seguidos por herramientas de medición directa, que permitieron medir más detalladamente variables como **carga postural** y **actividad muscular**.

7.1 Comodidad y esfuerzo

La tijera Felco-2® tuvo menor incomodidad reportada (media=1,3) que la tijera prototipo (media=2,1) ($p<0,01$). Esto pudo deberse a que mientras la primera herramienta es la usada tradicionalmente en el sector (y en particular por el grupo de trabajadores participantes de este estudio), la herramienta prototipo fue usada por primera vez y sin previo entrenamiento en este estudio.

Con respecto a la altura, no se hallaron diferencias significativas en incomodidad, pero se identificó que en los cortes realizados con la herramienta prototipo a la altura del codo, se tuvieron niveles más altos, aunque no significativos de incomodidad (promedio: 2,2), en comparación con la herramienta tradicional Felco-2® para la misma altura de trabajo (promedio: 1,1) (Anexo 5).

A nivel de percepción de esfuerzos en las pruebas, se halló que la herramienta prototipo estuvo relacionada con menores esfuerzos (media=9) en comparación con la herramienta Felco-2® (media=9,4), aunque esta diferencia no fue significativa. En contraste, la altura fue un determinante importante del esfuerzo en los cortes que se realizan por encima del hombro ($p<0,01$).

7.2 Usabilidad de las herramientas

El factor que a nivel de funcionalidad resultó más complicado y de difícil adaptación es el mango rotativo de la herramienta prototipo; con una media de 6,5 medido en una escala de 0 a 10 (Anexo 6). También se reportó que con la herramienta prototipo era difícil el acceso al tallo, manifestando que por el diseño de la herramienta, es decir mangos más cortos, era más complicado el acceder a los tallos que se encontraban en el centro de las camas de rosas (media = 6,9).

Algunos aspectos positivos relacionados con la usabilidad de la herramienta prototipo fue la abertura de las cuchillas que la consideran suficiente para el tamaño de los tallos y la percepción del esfuerzo al realizar el corte.

7.3 Carga postural

La evaluación de la carga postural de la tarea de corte de rosas, realizada a través de los electro-goniómetros, reveló la presencia de posturas en rangos de riesgo moderado para la flexión-extensión de la muñeca y el codo, las desviaciones laterales de la muñeca (radial-ulnar) y la pronación-supinación del antebrazo.

A nivel de flexión-extensión de la muñeca, se observó que para todas las combinaciones experimentales analizadas, los cortes de los tallos de rosas son realizados primordialmente con la muñeca en extensión (Rango: desde 12,4° en flexión hasta 40,7° en extensión).

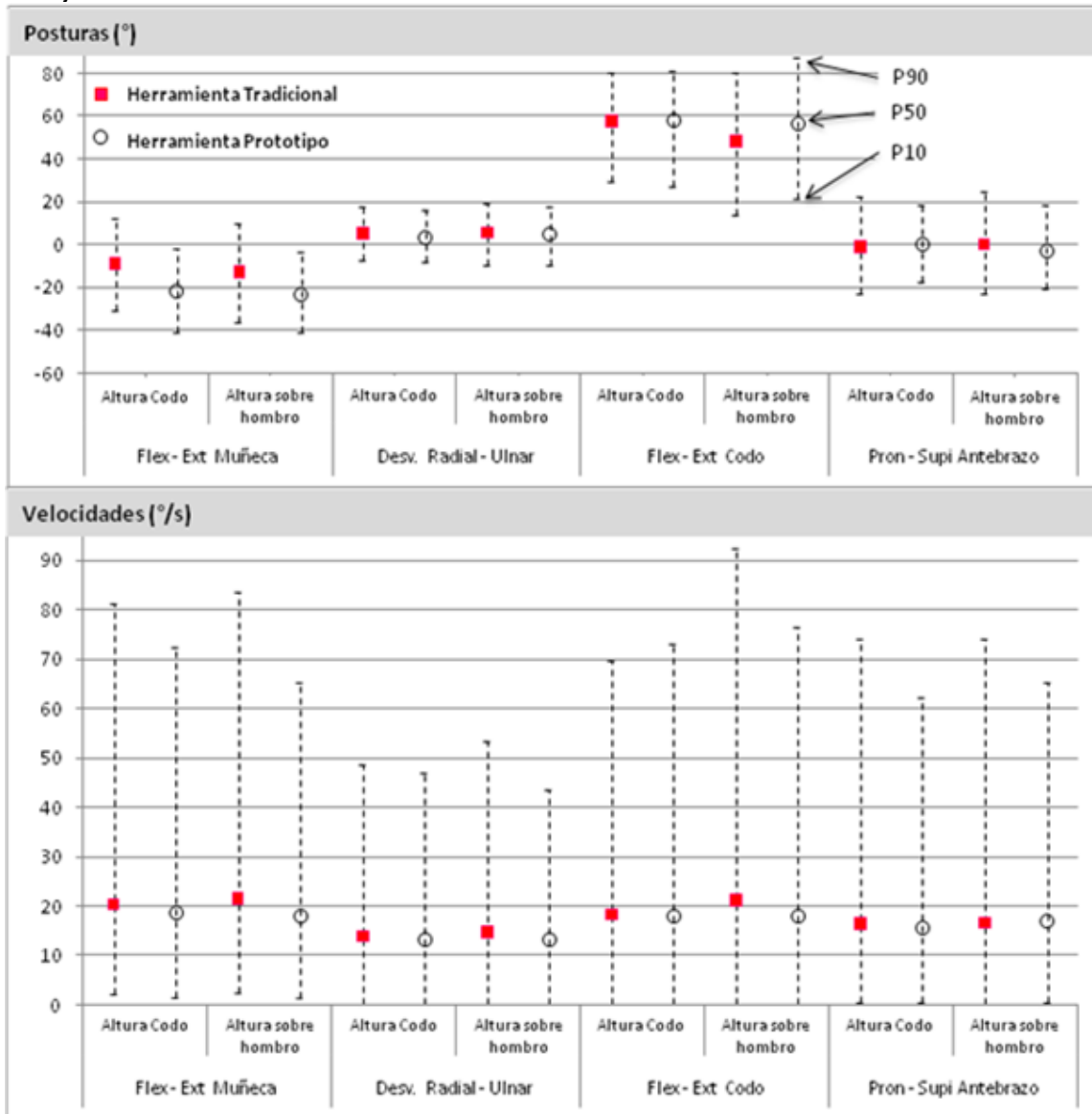
En particular, la herramienta prototipo implica mayores extensiones (posturas extremas de más de 40°) y ausencia de trabajo en flexión. Por su parte, la herramienta Felco-2® muestra flexiones de hasta 12,4° y extensiones de hasta 36,5°. Estas diferencias fueron significativas cuando se comparó las medias de Flexo-Extensión de la herramienta Felco-2® y la herramienta prototipo ($P < 0,01$). Por último, la tijera Felco-2® muestra un rango más amplio de trabajo en la dirección F-E; así como en la velocidad (Figura 7).

Aunque se encontraron diferencias significativas en las desviaciones ulnar y radial máxima para la interacción de la herramienta y la altura ($p \leq 0,01$), estas no parecen ser en la práctica importantes (en desviación ulnar hubo variaciones entre $7,5^\circ$ y $9,8^\circ$; y desviación radial hubo variaciones entre $16,1^\circ$ y $19,6^\circ$). De hecho, la comparación de medias en la dirección R-U no resultó significativa.

A nivel de flexiones de codo; se identificó que es el segmento anatómico que presenta mayor variabilidad. Mostró diferencias en las herramientas principalmente en las pruebas realizadas por encima del hombro, en la cual la herramienta prototipo presenta posturas de flexión de codo más extremas ($86,9^\circ$) con respecto a la Felco-2®; la que muestra en su percentil 10 más tendencias a la postura neutra del codo ($14,1^\circ$); pero incide en mayores niveles de velocidad, principalmente al realizar los cortes con la herramienta tradicional a una altura por encima del hombro (P90: $92,38^\circ/\text{s}$).

Para los movimientos de pronación y supinación del antebrazo, se halló que la Felco-2® implica realizar posturas más extremas en pronación (media = $23,6^\circ$) y supinación (media = $23,1^\circ$) para ambas alturas, y una mayor variabilidad con respecto a la media, esto podría significar que la herramienta prototipo implica menor demanda postural y como se puede observar el gráfico menores niveles de velocidad (Figura 7), manteniéndose menos desviada de las posturas neutras; generando ventajas mecánicas sobre la herramienta tradicional (Tijera Felco-2®).

Figura 7. P10, P50 y P90 de carga postural asociada a dos herramientas de corte para dos alturas de trabajo.



Nota: Los valores negativos corresponden a la extensión de muñeca; desviación ulnar y supinación del antebrazo; Flex-Ext Muñeca: Flexión y extensión de muñeca; Desv. Radial-Ulnar: Desviación radial y ulnar de la muñeca; Flex-Ext codo: Flexión y extensión de codo; Pron-Supi antebrazo: Pronación y supinación del antebrazo.

7.4 Actividad muscular

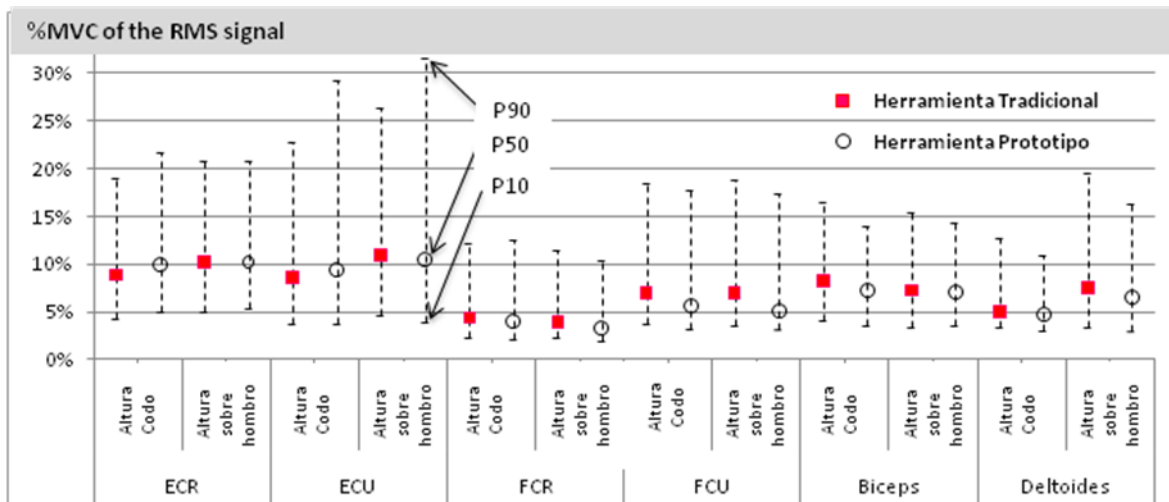
En la actividad muscular se identificó que la tarea de corte implica mayor actividad a nivel de los músculos extensores (media= 9,8%), en comparación con los músculos flexores (5%); reflejando que los modos operatorios que el trabajador

(de acuerdo a indicaciones dadas en las áreas de producción) implican mayores extensiones a nivel de la muñeca, lo cual confirma los hallazgos de la carga postural a nivel de flexión y extensión de muñeca.

El Músculo que indicó mayor actividad durante la ejecución de todas las combinaciones experimentales probadas fue el músculo Extensor carpi ulnaris (ECU), principalmente cuando en las pruebas realizadas con la herramienta prototipo y a una altura por encima del hombro (P90 superior al 30% del MVC) (Figura 8).

A nivel de la actividad muscular detectada en el Biceps del brazo dominante, se halló que los cortes que son realizados con la herramienta tradicional (Felco-2®) (media= 8%) implican levemente mayor actividad que los realizados con la herramienta prototipo (media= 7%); Con respecto a la altura no se evidencian muchas diferencias, pero se visualiza mayor actividad en los cortes que son realizados a nivel del codo (Figura 8).

Figura 8. P10, P50 y P90 de actividad muscular (APDF) asociada a dos herramientas de corte para dos alturas de trabajo.

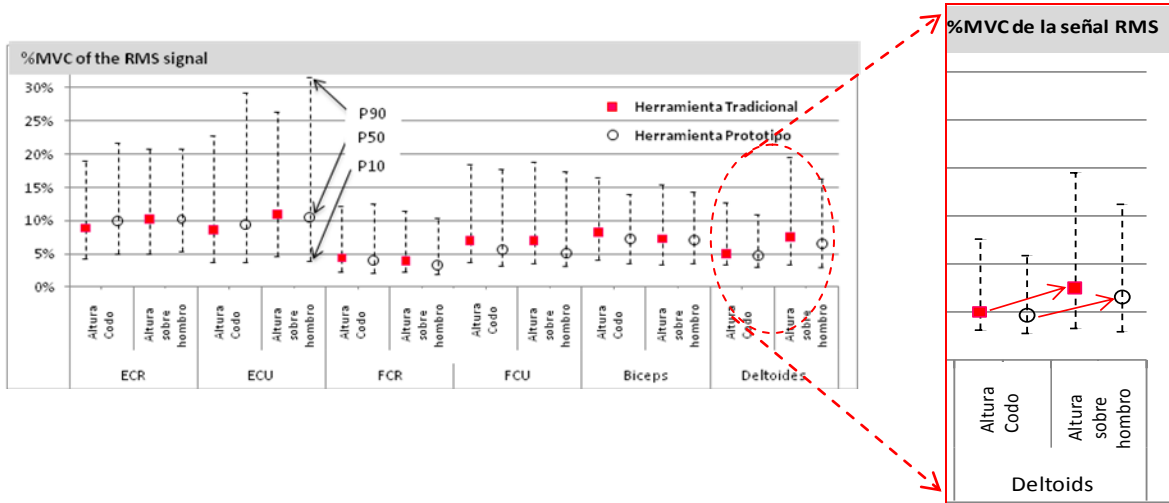


Nota: MVC indican (por sus siglas en inglés) la contracción máxima voluntaria de los músculos. ECR: Extensor carpi radialis; ECU: Extensor carpi ulnaris; FCR: Flexor carpi radialis; FCU: Flexor carpi ulnaris.

Para el músculo deltoides del brazo dominante, se identificó que le demanda mayor actividad los cortes que se realizan por encima del hombro con ambas herramientas (Felco-2®: 7.53 > 5.01 y Prototipo: 6,46 > 4,65); de igual modo se halló que la herramienta tradicional (Felco-2®) implica mayor actividad que la herramienta prototipo en este músculo; por tal razón, el P90 en los cortes

realizados con la herramienta tradicional (Felco-2®) a una altura por encima del hombro, alcanza cerca del 20% de la contracción máxima voluntaria (Figura 9) .

Figura 9. Análisis del comportamiento del músculo deltoides.



7.5 Análisis general de resultados

Como análisis integral de las implicaciones que tiene la tarea de corte al ser realizada con diferentes herramientas y en distintas alturas, se halló que los cortes generalmente son realizados con la muñeca en extensión, lo que implica mayor actividad a los músculos extensores del antebrazo, principalmente en los cortes que son realizados con la herramienta prototipo, que aunque les implica menor esfuerzo, de acuerdo a su percepción, les genera mayores niveles de incomodidad al accionarlas.

En general, la herramienta prototipo les implica menores niveles de velocidad, según los resultados del estudio. Esto podría estar relacionado con los menores rangos de movimiento observados en particular en el segmento de pronación-supinación del antebrazo y flexiones de muñeca. Sin embargo, la herramienta prototipo les implica mantener posturas fijas con la muñeca extendida y el codo flexionado, lo cual incide en el aumento de los índices de incomodidad percibida.

8. CONCLUSIONES

La tarea de corte de rosas con tijera implica tres factores de exposición al riesgo a los trabajadores, que son: la fuerza, las posturas y la repetitividad, los cuales se encuentran relacionados directamente con el desarrollo de trastorno de tipo músculo-esquelético en miembros superiores. En este proyecto se consideró importante probar la efectividad que pueden tener nuevas estrategias para la prevención de estos desórdenes, en particular, aquellas que estén orientados a disminuir la fuerza aplicada con el uso de la tijera y mejora de la postura.

En este estudio se buscó con métodos robustos alcanzar respuestas concretas sobre la viabilidad de una nueva herramienta para el corte de rosas. A través de un estudio experimental en campo, con trabajadores del sector y haciendo su trabajo en condiciones normales y ordinarias, se buscaron condiciones de prueba que pudieran ser generalizadas a otros escenarios. Se propone que esta aproximación sistemática al desarrollo, prueba e implementación de soluciones sea un modelo para el sector floricultor en Colombia; por cuanto permite que se evalúen en detalle las bondades reales que pueden ofrecer las soluciones planteadas en dicho sector.

El estudio, sin embargo, también tuvo algunas limitaciones. El diseño planteado no permitió verificar el efecto potencial que diferentes grados de mantenimiento pueden tener en la exposición medida; sin embargo, se hicieron esfuerzos para estandarizar las condiciones a través del uso de las mismas herramientas en todo el experimento previa limpieza de la tijera y mantenimiento de sus cuchillas. Por otro lado, el experimento solo pudo contar con 16 trabajadores dadas las restricciones razonables de la empresa para proveer el tiempo de los trabajadores en el estudio. Es posible que algunas diferencias observadas hubieran alcanzado significancia estadística con una mayor muestra. Sin embargo, en este proyecto se hizo el esfuerzo de analizar los resultados no solo en materia de significancia estadística, sino de tendencias y diferencias importantes en la práctica. Por último, el estudio solo pudo probar una herramienta prototipo que tiene fallas en algunos aspectos de su funcionalidad (como su mecanismo de seguridad), lo cual pudo dificultar la ejecución de la tarea, y confundir los efectos de otros aspectos de la herramienta en otras variables medidas. De cualquier forma, este proyecto se considera una novedad en el sector

y observó cuidadosamente las técnicas de diseño de experimentos y la validez externa (grado de generalización) de los resultados.

Para el estudio se contó con la colaboración del sector floricultor, que tradicionalmente por experiencia ha sido dinámico y propositivo en la búsqueda de soluciones para sus trabajadores. No obstante, el estudio tuvo retos importantes como fueron demostrar al sector la importancia y necesidad de desarrollar una investigación de tipo experimental sobre factores propios de las tareas de corte de rosas y controlar factores externos o de ruido que hacían parte del ambiente por la naturaleza de su desarrollo en campo. A pesar de estos retos, se contó con la participación activa de la empresa Flores de Bojacá. La empresa fue facilitadora del proceso y permitió el acceso del equipo de investigación a sus instalaciones y a sus trabajadores.

Los resultados del estudio permitieron conocer los niveles de comodidad, usabilidad, carga postural y actividad muscular durante la ejecución de las tareas de corte, bajo diferentes condiciones experimentales dadas por la herramienta y la altura de corte. Esta información puede ser usada para proponer al sector, a los trabajadores, diseñadores y demás personal interesado, recomendaciones para el diseño de soluciones basadas en las herramientas, que permitan mejorar las condiciones de los trabajadores y aportar en la mitigación del desarrollo de desordenes músculo-esqueléticos.

Los resultados del estudio indican que el uso de la herramienta prototipo genera algunos beneficios como la disminución en la velocidad al realizar los corte y la poca variabilidad en los movimientos, principalmente a nivel de pronación-supinación del antebrazo; así como el reporte de un menor esfuerzo percibido al accionar la herramienta. Sin embargo, y a pesar de estos beneficios promisoros, este estudio concluye que la herramienta actualmente no se encuentra lista para proporcionar las ventajas biomecánicas para las operaciones de corte en los cultivos de rosas en Colombia. El estudio encontró que la herramienta prototipo les implica mantener posturas fijas más forzadas, al mantener la muñeca extendida y el codo flexionado, lo cual sumado a la falta de adaptación y conocimiento de la herramienta, así como la falta de evolución del terminado de la herramienta en aspectos como su sistema de seguro de la herramienta, pudo explicar el aumento en los índices de incomodidad percibida.

Mejoras en el diseño específicas que deberían ser estudiadas incluye cambios al diseño del ángulo de ataque de las cuchillas y/o disposición de los mangos con respecto al eje central de la herramienta, buscando posturas más neutras de la extremidad superior, y en particular de la muñeca. Las mejoras que se hagan deberán permitir concretamente disminuir el nivel de extensiones de muñeca y por tanto controlar los esfuerzos realizados en los músculos extensores.

Con el control de estos factores en el diseño de la herramienta, se podrían lograr avances importantes en la prevención de los DME, a través del uso de herramientas de este tipo, controlando la presencia de posturas extremas o muy alejadas de las neutras y ejecución de fuerzas, los cuales son considerados como algunos de los factores mecánicos de las tareas que han sido asociados a la ocurrencia de desordenes músculo-esqueléticos [3]. Esto es particularmente importante en la actualidad, pues se sabe que el sector está buscando alternativas de herramientas para esta importante tarea de los procesos.

El estudio logró avanzar en el conocimiento que se tiene en ergonomía en el sector floricultor. El estudio aporta metodológicamente a la ergonomía que se practica en el sector a través de los protocolos desarrollados; además aporta temáticamente informando sobre la exposición asociada a una de las herramientas más usadas en el sector y compara esta exposición con aquella esperada con una herramienta alternativa; y presenta recomendaciones concretas sobre los pasos a seguir en los futuros desarrollos que se hagan en materia de herramientas para el sector. Por último, el trabajo realizado permite conocer sobre muchos otros aspectos que siguen siendo preguntas por resolver y que abren campo a otras investigaciones que permitan complementar y desarrollar soluciones cada vez más específicas y efectivas para el sector e industrias relacionadas.

9. RECOMENDACIONES

A partir de los resultados de este proyecto se pueden hacer recomendaciones para trabajos futuros, tanto en materia metodológica al hacer este tipo de estudios, como en materia temática sobre preguntas futuras que se deben resolver.

A nivel metodológico a partir de este estudio, se recomienda:

- Que la herramienta a utilizar esté en mejor grado de terminación, para que aspectos como el seguro, tipo y filo de las cuchillas empleadas y estructura del mango, no afecten o generen ruido a los resultados del estudio. En particular deben asegurarse, que la herramienta evolucione en el desarrollo de los detalles que la conforman.
- Desarrollar planes de capacitación del uso de futuras herramientas alternativas con los trabajadores, permitiendo que se mejore la adaptación que tienen los participantes a las nuevas herramientas; lo cual se logra con programas periodicos del uso de la herramienta previos al desarrollo del estudio, es importante que el tiempo destinado para el uso de la nueva herramienta sea de aproximadamente 3 meses o el que de acuerdo a cada estudio sea considerado suficiente para obtener niveles de adaptabilidad que permitan comparar los factores de usabilidad de las diferentes herramientas.
- Es importante incluir para próximos estudios la medición de otros segmentos corporales y músculos de los miembros superiores, que de acuerdo a lo observado intervienen de forma directa en la ejecución de los cortes, como por ejemplo los movimientos y músculos que se encuentran alrededor del hombro.
- Trabajar con equipos que faciliten el trabajo en campo, disminuyendo la cantidad de cables y equipos que se instalaron para la medición directa de la actividad muscular y carga postural.
- Desarrollar un Análisis de Varianza (ANOVA) que permita realizar correlaciones entre las diferentes variables presentadas. Lo cual puede conducir a conclusiones que brinden un mayor nivel de confiabilidad y

detalle, permitiendo desarrollar aplicaciones y planes de mejoras más efectivos.

- Desarrollar estudios biomecánicos que permitan analizar en forma más detallada los movimientos usados al ejecutar las tareas, permitiendo verificar posturas y fuerzas aplicadas.

A nivel temático, se recomienda:

- Revisar la dirección de la herramienta, es decir, el ángulo de ataque de las cuchillas y/o disposición de los mangos con respecto al eje central de la herramienta, teniendo en cuenta que el prototipo diseñado con factores ergonómicos, disminuye las flexiones a nivel de muñeca, pero refleja aumentos en las extensiones al ejecutar el corte.
- Revisar otras variables que podrían afectar el riesgo de desarrollar enfermedades de tipo músculo-esqueléticas, relacionadas con el uso de las herramientas y que por lo tanto deberían ser estudiadas son el nivel de mantenimiento, frecuencias de corte, otra variedad de herramientas para el corte de rosas presentes en el mercado, entre otras.
- Evaluar las ventajas mecánicas que ofrece el mango rotativo de la herramienta prototipo, principalmente en la adaptación a la mano y comodidad en su uso. Es posible que este factor esté relacionado con la adaptación del trabajador, pero no se recomienda que esto sea asumido; así como, la solución para personas que tengan mano dominante izquierda, pues se sabe que aproximadamente un 10% de la población tiene esta característica [9].
- Deben ser considerados por el sector otros factores de riesgo, incluyendo aspectos no relacionados directamente con la tarea de corte; e incluso otros factores de la tarea de corte no incorporados en este estudio como desarrollar planes de seguimiento y formación en higiene postural, buscando mantener posturas derechas que eviten tanto movimiento a nivel de muñeca y antebrazo al realizar el corte de las rosas, y adicionalmente implementar cambios periódicos durante la jornada laboral en la postura de la muñeca, para equilibrar la actividad muscular en todos los músculos que intervienen en los movimientos y controlar sobrecargas de actividad en unos músculos.

10. REFERENCIAS

- [1] Ministerio Protección Social, Dirección General de Riesgos Profesionales. Accidente mortal en el trabajo, 2005.
- [2] Ministerio de la Protección Social. (2007) Informe de Enfermedad Profesional en Colombia 2003 – 2005.
- [3] Punnett, L. and D. H. Wegman (2004). "Work-related musculoskeletal disorders: the epidemiologic evidence and the debate." *J Electromyogr Kinesiol* 14(1): 13-23.
- [4] Bennie, K. J., V. M. Ciriello, et al. (2002). "Electromyographic activity of the human extensor carpi ulnaris muscle changes with exposure to repetitive ulnar deviation." *Eur J Appl Physiol* 88(1-2): 5-12.
- [5] Di Domizio, J. and P. J. Keir "Forearm posture and grip effects during push and pull tasks." *Ergonomics* 53(3): 336-343.
- [6] Brookham, R. L., J. M. Wong, et al. "Upper limb posture and submaximal hand tasks influence shoulder muscle activity." *International Journal of Industrial Ergonomics* 40(3): 337-344.
- [7] Cote, J. N., A. G. Feldman, et al. (2008). "Effects of fatigue on intermuscular coordination during repetitive hammering." *Motor Control* 12(2): 79-92.
- [8] Barrera JO. (2009). Trabajo de grado. Propuesta de mejoramiento de las condiciones ergonómicas a las operaciones de corte en una población de trabajadores de cultivos de rosas de Colombia. 1:1-57.
- [9] Barrero L y colegas. (2009). Factores asociados a la presentación de desórdenes músculo-esqueléticos de miembro superior en una población de trabajadores de rosa y crisantemo del sector floricultor Colombiano. A.R.P. Suratep y Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá.
- [10] Quintana L, Saavedra L. (2006). Análisis dinamométrico en herramientas de corte para el sector floricultor. CEE.
- [11] Córdoba J, Fajardo J. (2007). Trabajo de Grado. Herramienta para Corte de Rosas. 1(10):112.
- [12] Spielholz, P., B. Silverstein, et al. (2001). "Comparison of self-report, video observation and direct measurement methods for upper extremity musculoskeletal disorder physical risk factors." *Ergonomics* 44(6): 588-613.

- [13] Juul-Kristensen, B., N. Fallentin, et al. (2002). "Physical workload during manual and mechanical deboning of poultry." *International Journal of Industrial Ergonomics* 29(2): 107-115.
- [14] Stål, M., G.-Å. Hansson, et al. (2000). "Upper extremity muscular load during machine milking." *International Journal of Industrial Ergonomics* 26(1): 9-17.
- [15] Stål, M., S. Pinzke, et al. (2003). "The effect on workload by using a support arm in parlour milking." *International Journal of Industrial Ergonomics* 32(2): 121-132.
- [16] Williams, R. and M. Westmorland (1994). "Occupational cumulative trauma disorders of the upper extremity." *Am J Occup Ther* 48(5): 411-20.
- [17] Wilhelm, A. (2009). "Lateral Epicondylitis Review and Current Concepts." *The Journal of Hand Surgery* 34(7): 1358-1359.
- [18] Kamolz, L. P., H. Beck, et al. (2004). "Carpal tunnel syndrome: a question of hand and wrist configurations?" *The Journal of Hand Surgery: British & European Volume* 29(4): 321-324.
- [19] Marras, W.S. (2005) "The Future of Research in Understanding and Controlling Work-Related Low Back Disorders" *Ergonomics*, 48(5): 464-477.
- [20] Marras, W. S. and R. W. Schoenmarklin (1993). "Wrist motions in industry." *Ergonomics* 36(4): 341-51.
- [21] Zakaria, D., J. Robertson, et al. (2002). "Work-related cumulative trauma disorders of the upper extremity: navigating the epidemiologic literature." *Am J Ind Med* 42(3): 258-69.
- [22] Gerr, F., R. Letz, et al. (1991). "Upper-extremity musculoskeletal disorders of occupational origin." *Annu Rev Public Health* 12: 543-66.
- [23] Bonzani, P. J., L. Millender, et al. (1997). "Factors prolonging disability in work-related cumulative trauma disorders." *J Hand Surg Am* 22(1): 30-4.
- [24] Ministerio de la Protección Social. (2006). *Guía de Atención Integral Basada en la Evidencia para Desórdenes Musculoesqueléticos (DME) relacionados con Movimientos Repetitivos de Miembros Superiores (Síndrome de Túnel Carpiano, Epicondilitis y Enfermedad de De Quervain*. Bogotá D.C.
- [25] Nelson, N. A. and B. A. Silverstein (1998). "Workplace changes associated with a reduction in musculoskeletal symptoms in office workers." *Hum Factors* 40(2): 337-50.

- [26] Bongers, PM, de Winter, CR, Kompier, MAJ, Hildebrandt, VH. Psychosocial factors at work and musculoskeletal disease. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*. 19(5): 297-312, 1993.
- [27] David, G. C. (2005). "Ergonomic methods for assessing exposure to risk factors for work-related musculoskeletal disorders." *Occupational Medicine* 55(3): 190-199.
- [28] Bao, S., N. Howard, et al. (2006). "Quantifying repetitive hand activity for epidemiological research on musculoskeletal disorders--part II: comparison of different methods of measuring force level and repetitiveness." *Ergonomics* 49(4): 381-92.
- [29] Division of Occupational and Environmental Medicine (2010). "Occupational and Environment Health Center." 2010, from http://oehc.uchc.edu/ergo_neutralposture.asp.
- [30] Chung, M. K., I. Lee, et al. (2005). "Quantitative postural load assessment for whole body manual tasks based on perceived discomfort." *Ergonomics* 48(5): 492 - 505.
- [31] Bao, S., P. Spielholz, et al. (2009). "Force measurement in field ergonomics research and application." *International Journal of Industrial Ergonomics* 39(2): 333-340.
- [32] Bao, S. and B. Silverstein (2005). "Estimation of hand force in ergonomic job evaluations." *Ergonomics* 48(3): 288-301.
- [33] Armstrong, T.J., L.J. Fine, et al. (1987). "Ergonomics and the effects of vibration in hand-intensive work." *Scand J Work Environ Health* 13(4): 286 -289.
- [34] Westgaard, R. H. and J. Winkel (1997). "Ergonomic intervention research for improved musculoskeletal health: A critical review." *International Journal of Industrial Ergonomics* 20(6): 463-500.
- [35] Tittiranonda, P., D. Rempel, et al. (1999). "Effect of four computer keyboards in computer users with upper extremity musculoskeletal disorders." *Am J Ind Med* 35(6): 647-61.
- [36] Coury, H. J. C. G., J. Alfredo Léo, et al. (2000). "Effects of progressive levels of industrial automation on force and repetitive movements of the wrist." *International Journal of Industrial Ergonomics* 25(6): 587-595.
- [37] Gupta, A. D. and D. Mahalanabis (2006). "Study of hand function in a group of shoe factory workers engaged in repetitive work." *Journal of Occupational Rehabilitation* 16(4): 675-684.

- [38] Escorpizo, R. and A. Moore (2007). "The effects of cycle time on the physical demands of a repetitive pick-and-place task." *Applied Ergonomics* 38(5): 609-615.
- [39] Mirka, G. A., C. Shivers, et al. (2002). "Ergonomic interventions for the furniture manufacturing industry. Part II--Handtools." *International Journal of Industrial Ergonomics* 29(5): 275-287.
- [40] Dong, H., P. Loomer, et al. (2007). "The effect of tool handle shape on hand muscle load and pinch force in a simulated dental scaling task." *Applied Ergonomics* 38(5): 525-531
- [41] Berguer, R., D. L. Forkey, et al. (2001). "The effect of laparoscopic instrument working angle on surgeons' upper extremity workload." *Surg Endosc* 15(9): 1027-9.
- [42] Berguer, R., S. Gerber, et al. (1999). "A comparison of forearm and thumb muscle electromyographic responses to the use of laparoscopic instruments with either a finger grasp or a palm grasp." *Ergonomics* 42(12): 1634-45.
- [43] Berguer, R., S. Gerber, et al. (1998). "An ergonomic comparison of in-line vs pistol-grip handle configuration in a laparoscopic grasper." *Surg Endosc* 12(6): 805-8.
- [44] Mogk, J. P. M. and P. J. Keir (2006). "Prediction of forearm muscle activity during gripping." *Ergonomics* 49(11): 1121-1130.
- [45] Shih, Y.-C. and M.-J. J. Wang "Evaluating the effects of interface factors on the torque exertion capabilities of operating handwheels." *Applied Ergonomics* 28(5-6): 375-382.
- [46] Mital, A. and C. Channaveeraiah (1988). "Peak volitional torques for wrenches and screwdrivers." *International Journal of Industrial Ergonomics* 3(1): 41-64.
- [47] Bohannon, R. W. and K. L. Schaubert (2005). "Test-retest reliability of grip-strength measures obtained over a 12-week interval from community-dwelling elders." *J Hand Ther* 18(4): 426-7, quiz 428.
- [48] Aarås, A. and O. Ro (1997). "Electromyography (EMG) -- Methodology and application in occupational health." *International Journal of Industrial Ergonomics* 20(3): 207-214.
- [49] Bao, S., B. Silverstein, et al. (2001). "An electromyography study in three high risk poultry processing jobs." *International Journal of Industrial Ergonomics* 27(6): 375-385.

- [50] Grant, K. A. and D. J. Habes (1997). "An electromyographic study of strength and upper extremity muscle activity in simulated meat cutting tasks." *Appl Ergon* 28(2): 129-137.1997.
- [51] Claudon, L. (1998). "Evaluation of Grip Force Using Electromyograms in Isometric Isotonic Conditions." *Int J Occup Saf Ergon* 4(2): 169-184.
- [52] Claudon, L. (2003). "Relevance of the EMG/grip relationship in isometric anisotonic conditions." *Int J Occup Saf Ergon* 9(2): 121-34.
- [53] David, G. C. (2005). "Ergonomic methods for assessing exposure to risk factors for work-related musculoskeletal disorders." *Occupational Medicine* 55(3): 190-199.
- [54] Barriera-Viruet, H., T. M. Sobeih, et al. (2006). "Questionnaires vs observational and direct measurements: a systematic review." *Theoretical Issues in Ergonomics Science* 7(3): 261 - 284.
- [55] Takala E-P, Pehkonen I, et al. Systematic evaluation of observational methods assessing biomechanical exposures at work. *Scand J Work Environ Health*. 2010;36(1):3-24.
- [56] Neumann, W. P., R. P. Wells, et al. (1999). "Comparison of four peak spinal loading exposure measurement methods and their association with low-back pain." *Scand J Work Environ Health* 25(5): 404-9.
- [57] Bendz, P. (1980). "The motor balance of the fingers of the open hand. An experimental study using a gonio-electromyographic technique." *Scand J Rehabil Med* 12(3): 115-21.
- [58] Collier, S. E. and J. J. Thomas (2002). "Range of motion at the wrist: A comparison study of four wrist extension orthoses and the free hand." *American Journal of Occupational Therapy* 56(2): 180-184.
- [59] McAtamney et al. 1993. RULA: A survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. *Appl Ergon* 24: 91-99.
- [60] Moore et al. 1995. The Strain Index: A proposed method to analyze jobs for risk of distal upper extremity disorders. *AIHA J* 56: 443-458.
- [61] Spielholz et al. 2008. Reliability and validity assessment of the hand activity threshold limit value and strain index using expert ratings of mono-task jobs. *J Occup Environ Hyg* 5: 250-257
- [62] Petersson, N. F., S. E. Mathiassen, et al. (2000). "The accuracy of self-rating of exposure to repetitive work." *International Journal of Industrial Ergonomics* 25(3): 239-246.

- [63] Rodgers, S. (1983). Equipment design. Ergonomic design for people at work. E. K. Company. 1: 140 - 153.
- [64] Cederqvist, T. and M. Lindberg (1993). "Screwdrivers and their use from a Swedish construction industry perspective." *Applied Ergonomics* 24(3): 148-157.
- [65] Stal, M., S. Pinzke, et al. (2003). "Highly repetitive work operations in a modern milking system. A case study of wrist positions and movements in a rotary system." *Ann Agric Environ Med* 10(1): 67-72.
- [66] Spielholz, P., S. Bao, et al. (2001). "A practical method for ergonomic and usability evaluation of hand tools: a comparison of three random orbital sander configurations." *Appl Occup Environ Hyg* 16(11): 1043-1048.
- [67] Boyles, J. L., R. D. Yearout, et al. (2003). "Ergonomic scissors for hairdressing." *International Journal of Industrial Ergonomics* 32(3): 199-207.
- [68] Tichauer, E. R. and H. Gage (1977). "Ergonomic principles basic to hand tool design." *Am Ind Hyg Assoc J* 38(11): 622-34.
- [69] Kuijt-Evers, L. F., J. Twisk, et al. (2005). "Identifying predictors of comfort and discomfort in using hand tools." *Ergonomics* 48(6): 692-702.
- [70] Nielsen, (1993). Usability engineering. San Francisco: Morgan Kaufmann
- [71] Borg G. (1970). Perceived exertion as an indicator of somatic stress. *Scand J Rehab Med.*; 2: 92-98.
- [72] Hermens JH, Freriks B, et al. (1999). European Recommendations for Surface Electromyography. Roessingh Research and Development.
- [73] Perotto AO, et al. (2005). Anatomical guide for the electromyographer: The limbs and trunk. Springfield, Illinois: Charles C Thomas.
- [74] Bennie, K. J., V. M. Ciriello, et al. (2002). "Electromyographic activity of the human extensor carpi ulnaris muscle changes with exposure to repetitive ulnar deviation." *Eur J Appl Physiol* 88(1-2): 5-12.

Listado de Anexos.

Anexo 1. Protocolo detallado de recolección de datos.

Anexo 2. Consentimiento informado

Anexo 3. Hoja de vida del participante

Anexo 4. Protocolo para la monitorización de variables de EMG y EGM

Anexo 5. Formato de Incomodidad

Anexo 6. Prueba de usabilidad

Anexo 7. Guía Metodológica

ANEXO 1.

ESTUDIO DE LA DEMANDA MECÁNICA EN LAS EXTREMIDADES SUPERIORES EN TAREAS DE CORTE MANUAL DE ROSAS

PROTOCOLO DETALLADO DE RECOLECCION DE DATOS

PRESENTACION

El objetivo de la fase de campo es recolectar los datos de la demanda mecánica generada al ejecutar la tarea de corte de rosas y los niveles de incomodidad percibidos, teniendo en cuenta los factores a evaluar que son: altura de corte, herramienta de corte y mantenimiento de la herramienta.

Los factores de riesgo que serán estudiados son de carga física e incluyen la exposición en el trabajo a posturas no neutrales, aplicación de fuerza y ejecución de movimientos repetitivos de los miembros superiores, así como la influencia de las actividades extra-laborales.

El presente documento es una guía que detalla y que permite estandarizar el proceso para la recolección de esta información, manteniendo el objetivo del estudio definido y atendiendo a los principios de integridad, calidad, representatividad y obtención oportuna de los datos.

Contenido

1 MACRO PROCESO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

- 1.1 Requisición de recursos.
- 1.2 Criterios de inclusión de trabajadores.
- 1.3 Presentación del consentimiento informado
- 1.4 Reconocimiento de la empresa
- 1.5 Reclutamiento de trabajadores

2 PROCESO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

- 2.1 Aspectos generales
- 2.2 Llegada a la empresa y preparación
- 2.3 Presentación con el trabajador
- 2.4 Recolección de datos
 - 2.4.1 Aplicación de herramienta de análisis de incomodidad
 - 2.4.2 Herramientas de medición directa de la demanda mecánica
(Electromiografía y Electro-goniometría)
- 2.5 Administración de los datos obtenidos
- 2.6 Conclusión y agradecimiento

3 MANEJO DE IMPREVISTOS

1. MACRO PROCESO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

1.1. Requerimientos de recursos.

- 1 espacio reservado dentro de la empresa que será utilizado para instalar los equipos necesarios de Electromiografía y Electro-goniometría y realizar la simulación de las tareas de corte en las diferentes condiciones a evaluar.
- Tiempo estimado requerido para la toma de datos de cada trabajador (Tabla 1).
- Equipos necesarios para recolección de los datos (Tabla2).



Tabla 1. Tiempo estimado requerido por actividad por cada trabajador participante

Actividad (Combinación evaluada)		Tiempo promedio por trabajador	Observaciones	
Preparación de los trabajadores con los equipos de electromiografía y electro-goniometría		30 minutos	Es necesario un tiempo inicial para la instrumentación de los trabajadores, lo que implica la instalación de los sensores de electromiografía y electro-goniometría.	
Registros de contracción máxima voluntaria (MVC) para cada músculo con maniobras estándares.		25 minutos	Son necesarias 2 maniobras para cada músculo, cada una de 6 segundos de esfuerzo máximo con descansos entre maniobras de 2 minutos aproximadamente para permitir la recuperación de los músculos.	
Etapa de aplicación de pruebas				
N° de prueba	Tipo de herramienta	Altura de corte	Tiempo promedio por trabajador	Observaciones
1	Herramienta ergonómica prototipo	Altura de hombros	7 minutos	Cada prueba implica una combinación de las variables evaluadas; en la herramienta prototipo no se harán mediciones de la variable mantenimiento.

	Descanso para permitir la relajación del musculo y aplicación de encuesta de incomodidad		5 minutos	Durante el tiempo de descanso dado para permitir que los músculos se relajen, se aplicará la encuesta de incomodidad para evaluar la prueba anterior.
2	Herramienta ergonómica prototipo	Altura de codos	7 minutos	
	Descanso para permitir la relajación del musculo y aplicación de encuesta de incomodidad		5 minutos	Durante el tiempo de descanso para permitir que los músculos se relajen, se aplicará la encuesta de incomodidad.
3	Tijera Felco-2® común	Altura de hombros	7 minutos	Para verificar el mantenimiento de las tijeras serán evaluadas tijeras que reciban el día inmediatamente anterior, el proceso de mantenimiento diseñado en las empresas
	Descanso para permitir la relajación del musculo y aplicación de encuesta de incomodidad		5 minutos	Durante el tiempo de descanso dado para permitir que los músculos se relajen, se aplicará la encuesta de incomodidad para evaluar la prueba anterior.
4	Tijera Felco-2® común	Altura de codos	7 minutos	
	Aplicación de encuesta de incomodidad de la última prueba y retiro de los instrumentos del trabajador		5 minutos	Durante el tiempo en que se retiran los sensores de EMG y EGM de cada trabajador, se aplicará la encuesta de incomodidad para evaluar la prueba anterior.

Tabla 2. Equipos Utilizados en el estudio.

EQUIPO	DESCRIPCIÓN	IMAGEN
<p>Tijeras Felco-2® para corte de rosas</p>	<p>Serán utilizadas tijeras felco tipo 2, que en general son las utilizadas comúnmente en los cultivos de la sabana de Bogotá.</p>	
<p>Tijeras prototipo</p>	<p>Tijera diseñada en un proyecto de grado, con el fin de desarrollar una herramienta con características ergonómicas.</p>	
<p>Equipo de Electromiografía</p>	<p>Equipo para la medición de la actividad muscular a través de sensores que analizan las diferencias de potenciales de los músculos.</p>	
<p>Equipo de Electro- goniometría</p>	<p>Equipo utilizado para la medición de ángulos corporales, a través de goniómetros electrónicos con tecnologías basadas en sonido</p>	
<p>Computador personal</p>	<p>Equipo electrónico que a través de unos programas permite el cálculo, análisis y estudio de datos y de la redacción de la información.</p>	

<p>Cámara de video</p>	<p>Es un dispositivo electrónico que permite capturar imágenes del puesto de trabajo.</p>	
<p>Trípode</p>	<p>Es un aparato de tres partes que permite la estabilización de una cámara en su parte superior</p>	

1.2. Criterios de inclusión de trabajadores

Para la selección de la muestra de trabajadores se debe tener en cuenta que cumplan con condiciones como: trabajar o haber trabajado en tareas de corte de rosas; se excluyen trabajadores que presenten diagnósticos de enfermedades ocupacionales, antecedentes de accidentes laborales que hayan presentado consecuencias músculo-esqueléticas y otras patologías de este tipo.

No se consideraron otros criterios de inclusión basados en género, edad o estado de salud del trabajador.

1.3. Presentación del consentimiento informado

El paso inicial después de verificar el cumplimiento de los criterios de inclusión y exclusión del trabajador, es presentar formalmente el protocolo y discurso estandarizado, que de forma detallada indica cada uno de los pasos a seguir en el proceso del estudio, especificando cada prueba a realizar, la utilización, riesgos e implicaciones que puedan presentar los equipos y todas las observaciones o aspectos relevantes del estudio. El objetivo de estos protocolos es solicitar el consentimiento de los trabajadores para el desarrollo de todas las pruebas definidas en el estudio; por tal razón cada trabajador que esté de acuerdo con los protocolos del estudio debe firmar, confirmando su consentimiento para participar en él.

1.4. Reconocimiento de la empresa

Se programará una visita de reconocimiento a la empresa seleccionada. La visita tendrá un tiempo aproximado de 2 a 4 horas y consistirá de un recorrido por los diferentes invernaderos de rosas donde se realicen los procesos de corte. Este recorrido tendrá el objetivo de:

- Tomar notas que permitan refinar los procedimientos de este protocolo. En particular sobre los hábitos y comportamientos comunes de los trabajadores, entre otros aspectos que apoyen el proceso de análisis de los datos.

1.5. Reclutamiento de trabajadores

Una vez se confirme con la empresa la disponibilidad para la participación en el estudio, se procederá a verificar a través de los listados generales de los trabajadores, quienes cumplen con los criterios de inclusión y exclusión determinados en el estudio.

Esta lista será utilizada para facilitar la ubicación de los trabajadores opcionados en su puesto de trabajo.

Una vez confirmada la elegibilidad del participante, se procederá a conseguir el consentimiento informado por parte del trabajador. El protocolo y discurso estandarizado para solicitar el consentimiento de los trabajadores para el desarrollo de todas las pruebas definidas en el estudio, se presenta en el **Anexo 2**. En caso que la respuesta para participar en el estudio sea afirmativa, se procederá con la recolección de datos.

Al estar definidos los trabajadores y programadas las fechas de visita, el equipo de trabajo propondrá un cronograma detallado en el que se presentarán las actividades y los trabajadores que serán estudiados, día por día.

2. PROCESO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Esta sección describe el proceso genérico de recolección de datos en un día de trabajo. Comprende desde el momento que se llega a la empresa el día programado hasta que se termina una jornada de recolección de datos.

2.1. Aspectos generales

Cada sesión de trabajo incluye la recolección de datos de la actividad muscular a través de electromiografía, Carga postural a través de electro-goniometría, cuyo proceso se encuentra detallado en el protocolo para el monitoreo de variables de Electromiografía (EMG) y Electrogoniometría (EGM) (**Anexo4**) y finalmente los niveles de incomodidad a través de una herramienta de auto-reporte (**Anexo 5**).

Cada sesión debe ser mantenida en una atmósfera de formalidad con un trato amable y respetuoso para el participante, teniendo claro que sus reacciones y su actitud de colaboración hacia la ejecución de las pruebas simuladas dependen de que tan cómodo y tranquilo se sienta en la sesión.

Siempre debe mantenerse informado al participante y explicarle detalladamente sobre el paso que sigue en el proceso de recolección de datos; por ejemplo, se puede decir: “Bueno hemos terminado con determinada prueba..., ahora vamos a continuar con... ¿está de acuerdo? o tiene alguna duda o inconveniente”.

2.2. Llegada a la empresa y preparación

Esta actividad incluye cualquier proceso requerido por la empresa para la identificación e ingreso del equipo de trabajo de campo y la presentación con la persona contacto designada por la empresa. En esta actividad también se confirmará con la empresa la información del trabajador que será estudiado en cada uno de los días de recolección de datos.

Nota: es importante comunicarse un día antes de cada día de recolección de datos, para confirmar la disponibilidad del trabajador y de todos los requerimientos para las actividades, La persona contacto de la empresa procurará que los trabajadores estén disponibles para cada una de las actividades a las horas aproximadas.

La distribución de la recolección de datos por días y trabajadores está sujeto a modificación por imprevistos, motivos de fuerza mayor o decisiones de optimización de tiempo tomadas en campo.

2.3. Presentación con el trabajador

En el primer contacto que tenga el profesional responsable de recolección de datos con un trabajador procederá en primera instancia a hacer la labor de reclutamiento del trabajador y posteriormente a la explicación detallada del proceso de recolección de datos. El discurso estandarizado de reclutamiento y proceso de obtención del consentimiento informado se presenta en el Anexo 2. Una vez el trabajador ha dado su consentimiento, se procederá a la recolección de datos presentada a continuación.

2.4. Recolección de datos

2.4.1. Aplicación de herramienta de análisis de incomodidad

Al iniciar la sesión deben estar listos los formatos de recolección de la información sobre la percepción de incomodidad (Anexo 3). Esta encuesta deberá ser aplicada al finalizar cada prueba evaluada, con la finalidad de valorar los niveles de incomodidad percibidos en la prueba inmediatamente anterior.

2.4.2. Herramientas de medición directa de la demanda mecánica (Electromiografía y Electro-goniometría)

Esta sección se describe en el protocolo de las variables de electromiografía y electro-goniometría (Anexo 5) y formato de consentimiento informado (Anexo 2).

Con respecto a las observaciones que se realizarán durante la electromiografía, se tendrán en cuenta los siguientes aspectos:

- Se debe ejecutar la prueba al inicio de sus labores, evitando que el trabajador realice cualquier otro tipo de actividades laborales antes de tomar la prueba, para controlar cualquier tipo de fatigas en el musculo que pueda generar errores en el análisis de los resultados.
- En lo posible, se debe tener todos los equipos, las herramientas, las áreas de trabajo (simuladas) y la cámara (y con suficiente batería y espacio en el disco duro) listas antes de la llegada del trabajador.
- Se identificarán de antemano los lugares por los cuales se va a desplazar el trabajador y se determinarán los planos de filmación que se van a utilizar, con el fin de ubicar la cámara y el trípode en una posición que permita obtener una perspectiva de todo el cuerpo del trabajador mientras realiza una tarea, y en particular, de los movimientos que realice con las manos y brazos.
- Explicarle al trabajador que debe permanecer indiferente frente a la cámara y solicitarle que trabaje de forma similar a como lo realiza habitualmente.

2.5. Administración de los datos obtenidos

Una vez almacenados los datos obtenidos en las pruebas, se procederá a armar carpetas magnéticas correspondientes a cada trabajador para su fácil acceso y uso.

Cada trabajador que haya participado en el estudio tendrá una carpeta magnética con su respectivo código, en la que deberán estar los siguientes archivos:

- Archivo de video realizado al realizar las pruebas con EMG y EGM.
- Formato de Excel con la Información obtenida con el formato de incomodidad tabulada.
- Archivos con las señales de EMG y EGM, con el nombre de la respectiva prueba.

Igualmente, y para mayor seguridad se realizarán copias de seguridad de las carpetas de datos obtenidos.

2.6. Conclusión y agradecimiento

Para concluir el proceso se realizarán algunas preguntas a los trabajadores con el objeto de recibir retroalimentación de su parte. Se debe aclarar que toda la información se manejará de manera confidencial y finalmente agradecer su participación y colaboración en el proyecto

Al final del día se realizará un inventario de los equipos para asegurarse que estén completos; igualmente, se hará un inventario de los datos obtenidos y se actualizará la programación de actividades de medición con el fin de conocer los avances de forma oportuna.

3. MANEJO DE IMPREVISTOS

Se consideran imprevistos aquellas situaciones inesperadas tales como: funcionamiento inadecuado de un equipo, ocurrencia de un incidente o accidente ocupacional u otro que ponga en peligro la salud de trabajadores de la empresa o del ingeniero que se encuentra recolectando la información, entre otros. En caso de presentarse un imprevisto se tendrán las siguientes prioridades para su manejo:

- La integridad física del trabajador u observador
- La integridad de los equipos de medición
- El confort del trabajador
- La no-intervención con la tarea
- La integridad de la información recopilada
- El menor tiempo de duración/implementación

ANEXO 2

CONSENTIMIENTO INFORMADO

DERECHOS DEL PARTICIPANTE

Como participante en este estudio, usted tiene algunos derechos. El propósito de este formulario es para informarle acerca de cuáles son estos derechos y de así obtener su consentimiento para participar.

1. No tengo que participar en este estudio si no deseo realizarlo.
2. Me han informado cual es el procedimiento del estudio y que se espera de mí.
3. Me han informado que los resultados del estudio beneficiarán a los trabajadores que hacen este tipo de tareas en estaciones de trabajo con métodos y equipos similares a los que se emplearán durante el desarrollo de las pruebas.
4. Un miembro del equipo de investigación responderá a cualquier pregunta que pueda tener en relación con los procedimientos que deben seguirse en el estudio.
5. Yo tengo el derecho de retirarme del estudio en el que estoy participando en cualquier momento si siento que no es agradable para mí.
6. Tengo el derecho a ver mis datos y retirarlos del estudio si siento que debo hacerlo. En general, los datos se procesan después de que todas las tareas se han completado. En este estudio, se puede proporcionar poca información inmediatamente después de mi participación en él. Tras el estudio, todos los datos son anónimos, por lo tanto, si deseo retirar mis datos, debo hacerlo inmediatamente después de que mi participación se ha completado.
7. Todos los datos que se recogen son de carácter confidencial. Nadie podrá ver mis datos, excepto los investigadores. Mi nombre no se asociará al algún resultado después de que se han recogido. El nombre de los participantes no se utilizará en los informes que se realicen sobre el proyecto.
8. Tengo el derecho a ser informado de los resultados del estudio general. Si deseo recibir información sobre los resultados, voy a incluir mis datos personales debidamente firmados, de esta manera se me entregará un resumen. Si deseo mayor información, deberé contactarme directamente con el Centro de Estudios de Ergonomía de la Pontificia Universidad Javeriana.

9. Si llegare a necesitar atención médica durante la realización de las pruebas de este estudio, el mecanismo por el cual recurriré a la atención médica necesaria será por medio de la EPS a la cual me encuentro afiliado.

10. Soy consciente del riesgo que supone la realización de las tareas de corte de rosas, bajo el uso de equipos electrónicos que miden electromiografía y electrogoniometría, así como de las posibles incomodidades o lesiones que se puedan generar.

El trabajador deberá tener en cuenta las siguientes consideraciones con el uso de los equipos electrónicos que serán usados para medir la actividad muscular y posturas:

- Se le colocaran electrodos superficiales en la superficie de los brazos y un dispositivo electrónico que permite adquirir señal en un computador personal.
- En casos específicos es necesario realizar la depilación de las áreas de la piel en las que se ubicaran los electrodos.
- Los equipos que se utilizan para adquirir las señales son seguros eléctricamente.
- No se utilizaran elementos peligrosos que atenten a la salud y la integridad de los trabajadores.
- Los datos adquiridos en las pruebas se almacenaran de forma digital, de manera segura y confidencial.
- Los datos adquiridos serán procesados posteriormente y se analizaran variables que permitirán proponer mejoras para la calidad de vida de los trabajadores.
- La información y datos personales son confidenciales.
- Para evitar el ruido en la señal, es necesario que no existan equipos celulares cerca al área de trabajo.

Esperamos que su participación en la presente investigación sea una experiencia agradable e interesante. Estamos muy agradecidos por su ayuda como participante. Si usted tiene alguna pregunta sobre el estudio o sus derechos como participante, por favor no dude en realizarla. Haremos nuestro mejor esfuerzo para responder, con la única restricción de que no queremos influir en los resultados del estudio.

Este proyecto ha sido revisado por el comité de ética de la Universidad para la protección de los sujetos humanos.

Su firma indica que usted ha leído los derechos mencionados y ha dado su consentimiento para participar. La inclusión de su firma a continuación, permitirá que se le envíe un resumen de los resultados del estudio.

Fecha: _____//_____//_____

Nombre: _____

Documento de identidad: _____

Firma del participante: _____

Informe del Investigador

Declaro que he proporcionado una explicación del propósito del estudio al participante.

Firma del Investigador

ANEXO 3

HOJA DE VIDA DEL PARTICIPANTE																									
Datos del participante																									
Nombre: _____																									
Fecha de Nacimiento: ____//____//____ Edad: _____ Sexo: _____																									
Estado civil: Soltero ____ Casado ____ Divorciado ____ Viudo ____																									
Peso: _____ I.M.C.: _____ Estatura: _____ Dominancia: Izq ____ Der ____																									
INFORMACIÓN DE LABORES																									
Cuales son las Principales tareas que realiza:	Tiempo estimado																								
1. _____	-----																								
2. _____	-----																								
3. _____	-----																								
4. _____	-----																								
5. _____	-----																								
	En la Empresa Total																								
Años de experiencia en corte de rosas: _____ _____																									
Cuantas rosas corta en promedio en el día: _____																									
Tipo de rosas asignadas para cortar frecuentemente:																									
1. _____																									
2. _____																									
3. _____																									
ANTECEDENTES MÉDICOS*																									
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #003366; color: white;"> <th style="width: 50%;"></th> <th style="width: 25%; text-align: center;">Si</th> <th style="width: 25%; text-align: center;">No</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 5px;">Le han realizado cirugías</td> <td style="text-align: center;">_____</td> <td style="text-align: center;">_____</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Ha sufrido alguna fractura en sus miembros superiores</td> <td style="text-align: center;">_____</td> <td style="text-align: center;">_____</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Cual? _____</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Si	No	Le han realizado cirugías	_____	_____	Ha sufrido alguna fractura en sus miembros superiores	_____	_____	Cual? _____														
	Si	No																							
Le han realizado cirugías	_____	_____																							
Ha sufrido alguna fractura en sus miembros superiores	_____	_____																							
Cual? _____																									
Sufre alguna de las siguientes enfermedades	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #003366; color: white;"> <th style="width: 50%;"></th> <th style="width: 25%; text-align: center;">Si</th> <th style="width: 25%; text-align: center;">No</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="padding: 5px;">Diabetes</td> <td style="text-align: center;">_____</td> <td style="text-align: center;">_____</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Hipertensión</td> <td style="text-align: center;">_____</td> <td style="text-align: center;">_____</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Hipotiroidismo</td> <td style="text-align: center;">_____</td> <td style="text-align: center;">_____</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Hipertiroidismo</td> <td style="text-align: center;">_____</td> <td style="text-align: center;">_____</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Artritis</td> <td style="text-align: center;">_____</td> <td style="text-align: center;">_____</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Alergias</td> <td style="text-align: center;">_____</td> <td style="text-align: center;">_____</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Cual? _____</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		Si	No	Diabetes	_____	_____	Hipertensión	_____	_____	Hipotiroidismo	_____	_____	Hipertiroidismo	_____	_____	Artritis	_____	_____	Alergias	_____	_____	Cual? _____		
	Si	No																							
Diabetes	_____	_____																							
Hipertensión	_____	_____																							
Hipotiroidismo	_____	_____																							
Hipertiroidismo	_____	_____																							
Artritis	_____	_____																							
Alergias	_____	_____																							
Cual? _____																									
Toma algún tipo de medicamentos?																									
Cual? _____																									
Tiene antecedentes familiares de alguna de las enfermedades mencionadas anteriormente																									
Cual? _____																									

ANEXO 4

**PROTOCOLO PARA LA MONITORIZACIÓN DE VARIABLES
ELECTROMIOGRÁFICAS Y ELECTROGONIOMETRICAS EN TRABAJADORES
DE CORTE DE ROSAS DEL SECTOR FLORICULTOR COLOMBIANO**

OBJETIVO

Describir parámetros de amplitud y frecuencia de actividad muscular y postural, asociados con tareas manuales en la industria floricultora, mediante el uso de electromiografía de superficie y electrogoniometrías en miembros superiores. En particular, se analizarán la tarea de corte bajo diferentes condiciones. Se pretende que esta información ofrezca un estimado de la demanda mecánica de las tareas de corte en las extremidades superiores bajo diferentes condiciones de altura de corte, tipo de herramienta empleada y niveles de mantenimiento de las mismas.

SUJETOS

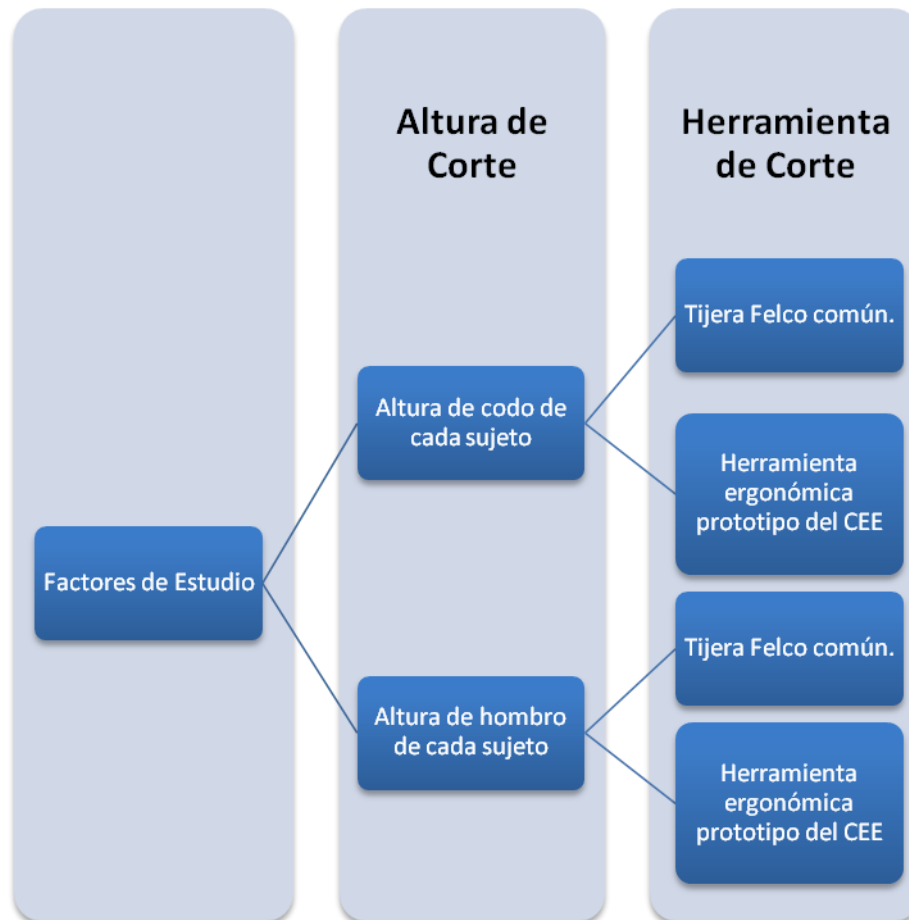
16 trabajadores del sector floricultor en la sabana de Bogotá, dedicados al corte de rosas, seleccionados aleatoriamente entre aquellos que tengan experiencia específicamente trabajando en tareas de corte de flor. Se excluirán trabajadores que tengan diagnósticos de enfermedades ocupacionales, antecedentes de accidentes laborales que hayan presentado consecuencias músculo-esqueléticas y otras patologías de este tipo.

DISEÑO Y PROCEDIMIENTO GENERAL

Este es un estudio de campo. Los trabajadores serán medidos mientras realizan la tarea de manera simulada a una frecuencia de 10 cortes por minuto. Cada trabajador desarrollará 6 tipos de combinaciones en la tarea, teniendo en cuenta los efectos principales que se van a evaluar (figura 1), cada combinación será medida durante 7 minutos aproximadamente y después se tomara un espacio de 5 minutos para permitir la relajación del musculo y evitar efecto sobre la siguiente combinación, en total la prueba será evaluada durante aproximadamente 1 hora y 30 minutos. Es importante resaltar que los trabajadores no realizarán ningún

trabajo antes de realizar la prueba. Cada trabajador firmará un consentimiento informado en el que se detallan los procedimientos asociados a esta parte del estudio previo a la realización de las pruebas de Electromiografía (EMG) y Electrogoniometría (EGM).

Figura 1. Combinaciones de estudio



La captura de datos ocurrirá con las siguientes etapas:

1. Presentación, explicación y firma del consentimiento.
2. Preparación de electrodos de EMG y de EGM (Limpieza con alcohol)
3. Localización de electrodos de EMG en cada músculo con ayuda de palpación.
4. Preparación de la piel.
5. En posición de reposo se debe calibrar del sistema de registro ajustando sus entradas de adquisición a cero mediante el software de registro.

6. Prueba de señal.

Nota: Es importante que no estén equipos celulares cerca al área de trabajo.

7. Registro de señal en reposo.

8. Para los registros de EMG se continua con los registros de contracción máxima voluntaria (MVC) para cada músculo (2 maniobras, cada una de 6 segundos de esfuerzo máximo con descansos entre maniobras de 2 minutos aproximadamente) con maniobras estándares. Los músculos seleccionados para realizar la toma de señales durante el desarrollo de las tareas de corte fueron siete: extensor carpí radialis, extensor carpí ulnaris, flexor carpí radialis, flexor carpí ulnaris, bíceps y deltoides medio dominante.

9. Localización de electrodos de goniometría en cada segmento corporal (Muñeca, codo y antebrazo)

10. Prueba de esfuerzo máximo mediante el uso del dinamómetro. se simula el agarre de la tijera con el dinamómetro y finalmente se toma el valor máximo de carga.

11. Ejecución de la tarea y medición de actividad muscular y carga postural.

12. Prueba de esfuerzo máximo mediante el uso del dinamómetro.

13. Finalización.

EQUIPO

Se emplea el sistema Datalink System – Biometrics, UK, que es un sistema de adquisición de datos programable para todo propósito, con 16 canales para entrada análoga y 10 canales para entrada digital.

Los sensores se conectan a una unidad liviana que porta el trabajador, con amplificadores de instrumentación programables mediante el software de adquisición previo al registro de las señales. Los datos se transfieren de la unidad del sujeto a la unidad base, mediante un cable de transferencia de datos RS422. La unidad base se conecta a la computadora de campo por un cable USB. Los datos se almacenan en la computadora en formato de texto ASCII. Ajustar el tiempo de registro de acuerdo a la tarea a evaluar (opción transfer en el software de registro).

El equipo cuenta con 6 sondas de EMG tipo SX230 (Biometrics, UK) que pre-amplifican la señal. Las sondas incluyen electrodos reutilizables de 10 mm de diámetro separados por una distancia de 20 mm.

Se usaron 2 goniómetros tipo SG65 para las mediciones de flexión-extensión y desviación ulnar-radial de la muñeca y SG110 para la flexión-extensión de codo; también se uso un torsiómetro tipo Q110 para medir los movimientos de pronación-supinación del antebrazo.

La señal se filtra con un ancho de banda de 20 a 460 Hz (SENIAM recomienda que sea de 20 a 500), ruido inferior a 5 μ V e impedancia de entrada superior a 10.000.000 MOhms.

PROCESAMIENTO DE SEÑAL

El procesamiento para este estudio se realiza mediante una aplicación desarrollada en MatLab. Como primera medida, las señales registradas deben ser filtradas para atenuar el ruido inducido por la red eléctrica por medio de un filtro con una banda de rechazo comprendida entre los 55 y 65 Hz. Posteriormente, se determinan los esfuerzos máximos voluntarios MVC, tomando el valor pico de la señal RMS calculado para una ventana de 200 ms. Las señales capturadas durante la ejecución de las tareas y durante los protocolos de tareas generadoras de fatiga son suavizadas con el procedimiento anterior. La señal suavizada de las tareas se normaliza dividiéndola por el valor pico de la señal MVC previamente evaluada. La señal estandarizada se usa para realizar el análisis APDF, de pausas y de frecuencia de acuerdo con las recomendaciones Europeas SENIAM.

ANEXO 5

FORMATO DE INCOMODIDAD								
Nombre: _____					Fecha: _____			
PRUEBA O COMBINACIÓN DE FACTORES			QUE TAN SEVERA ES LA INCOMODIDAD				NIVEL DE ESFUERZO PERCIBIDO ²	OBSERVACIONES
Orden de la prueba ¹	Tipo de Herramienta	Altura de corte	Ninguna	Baja	Media	Alta		
1			←	←	←	←		
2								
3								
4								

¹Orden aleatorio dado a la prueba

²De acuerdo a la escala de Borg

Escala de Borg	
6	
7	Muy, muy suave
8	
9	Muy suave
10	
11	Suave
12	
13	Algo fuerte
14	
15	Fuerte
16	
17	Muy fuerte
18	
19	Muy muy fuerte
20	

ANEXO 6

PRUEBA DE USABILIDAD																																																																	
Nombre: _____					Fecha: _____																																																												
FUNCIONALIDAD*																																																																	
1. Califique su percepción de comodidad con base en las siguientes características de la herramienta:					(-)-----(+) 																																																												
					<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;">1</td> <td style="width: 10%;">2</td> <td style="width: 10%;">3</td> <td style="width: 10%;">4</td> <td style="width: 10%;">5</td> <td style="width: 10%;">6</td> <td style="width: 10%;">7</td> <td style="width: 10%;">8</td> <td style="width: 10%;">9</td> <td style="width: 10%;">10</td> </tr> <tr> <td style="text-align: left;">El mango rotativo</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: left;">Peso de la herramienta</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: left;">Agarre</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: left;">Tamaño de la herramienta</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </table>							1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	El mango rotativo											Peso de la herramienta											Agarre											Tamaño de la herramienta										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																																																							
El mango rotativo																																																																	
Peso de la herramienta																																																																	
Agarre																																																																	
Tamaño de la herramienta																																																																	
2. Al realizar la actividad cual fue su percepción de uso de la herramienta nueva					(-)-----(+) 																																																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 10%;"></td> <td style="width: 10%;">1</td> <td style="width: 10%;">2</td> <td style="width: 10%;">3</td> <td style="width: 10%;">4</td> <td style="width: 10%;">5</td> <td style="width: 10%;">6</td> <td style="width: 10%;">7</td> <td style="width: 10%;">8</td> <td style="width: 10%;">9</td> <td style="width: 10%;">10</td> </tr> <tr> <td style="text-align: left;">Es fácil acceder al tallo</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: left;">los cortes los realizó con poco esfuerzo</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: left;">Es suficiente la abertura de las cuchillas para cortar la flor</td> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </table>						1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Es fácil acceder al tallo											los cortes los realizó con poco esfuerzo											Es suficiente la abertura de las cuchillas para cortar la flor																											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																																																							
Es fácil acceder al tallo																																																																	
los cortes los realizó con poco esfuerzo																																																																	
Es suficiente la abertura de las cuchillas para cortar la flor																																																																	
INTERACCIÓN FÍSICA*																																																																	
Sintió Incomodidad o presión en la mano al utilizar la herramienta? Si _____ No _____																																																																	
Si Indicó SI , marca con una X los espacios donde percibio mayor incomodidad y dolor al realizar la prueba																																																																	
Tuvo siempre el control de la herramienta? Si _____ No _____																																																																	
En caso negativo indique?					(-)-----(+) 																																																												
¿Cuántas veces perdió el control de la herramienta o se le cayó?					<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 10%;">0</td> <td style="width: 10%;">1</td> <td style="width: 10%;">2</td> <td style="width: 10%;">3</td> <td style="width: 10%;">4</td> <td style="width: 10%;">5</td> <td style="width: 10%;">6</td> <td style="width: 10%;">7</td> <td style="width: 10%;">8</td> <td style="width: 10%;">9</td> <td style="width: 10%;">10</td> </tr> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> </table>						0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																																												
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																																																							

ANEXO 7

GUÍA DE INVESTIGACIÓN PARA EL DESARROLLO DE ESTUDIOS QUE PRETENDEN EVALUAR LA INFLUENCIA DE FACTORES PROPIOS DE ACTIVIDADES LABORALES EN EL DESARROLLO DE DESORDENES MÚSCULO-ESQUELÉTICOS.

El presente documento es una guía que detalla y que permite estandarizar el proceso para la recolección de información, manteniendo el objetivo definido en cada estudio y atendiendo a los principios de integridad, calidad, representatividad y obtención oportuna de los datos.

El objetivo de la guía es definir los aspectos principales que deben ser definidos y controlados en un estudio enfocado en el análisis de la influencia de factores propios de actividades laborales en el desarrollo de los desordenes músculo-esqueléticos.

Contenido

1. IDENTIFICACIÓN DE LA POBLACIÓN

1.1. Reclutamiento de empresas

1.2. Reclutamiento de trabajadores.

2. METODOLOGÍA

2.1. Definición de variables dependientes

2.2. Definición de factores y niveles

3. RECOLECCIÓN DE DATOS

3.1. Herramientas de Auto-reporte

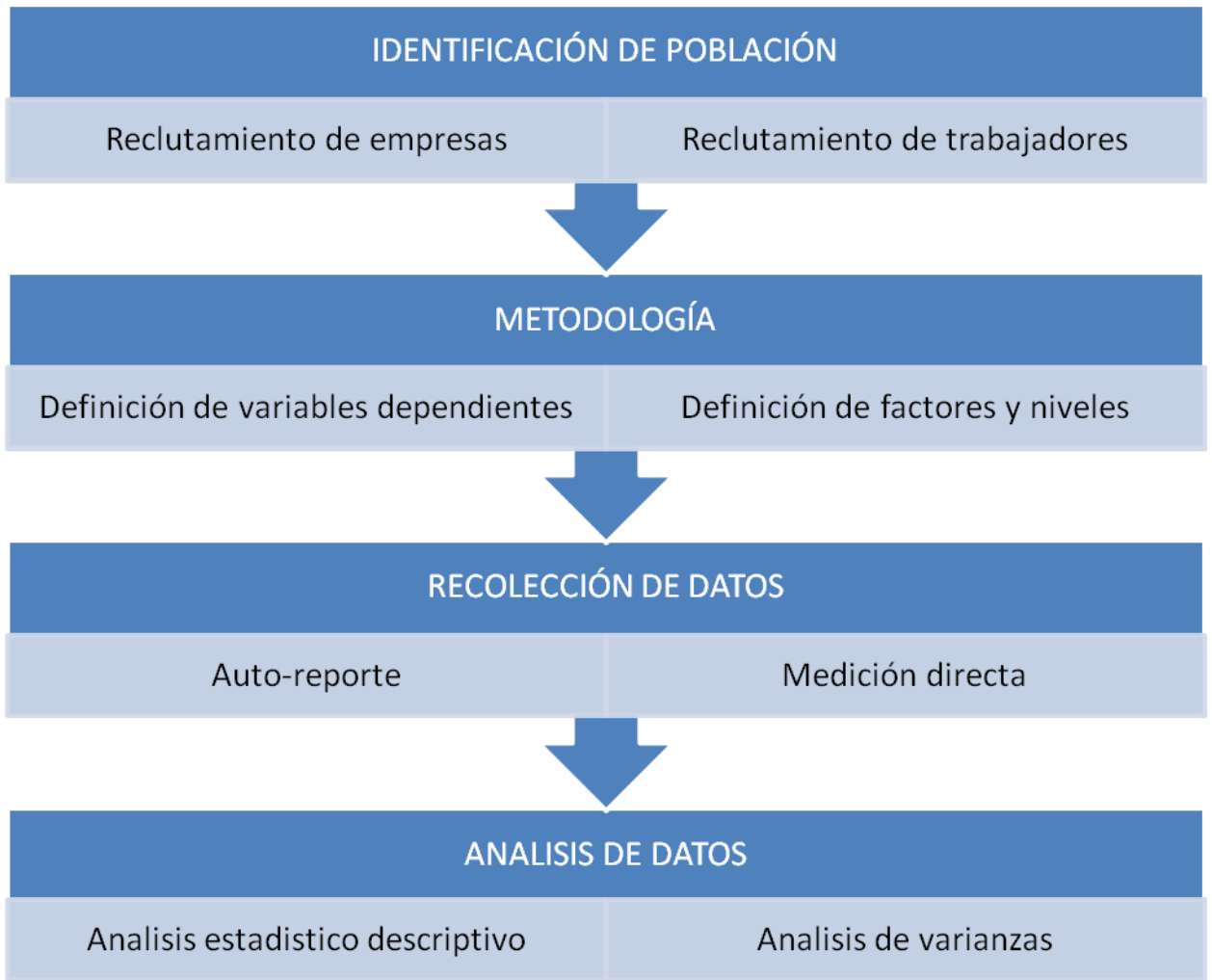
3.2. Instrumentos de Medición directa

4. ANALISIS DE DATOS

4.1. Análisis estadístico descriptivo

4.2. Análisis de varianzas

Figura 1. Pasos generales para el desarrollo de los estudios.



1. IDENTIFICACIÓN DE LA POBLACIÓN

1.1. Reclutamiento de Empresas

El universo de empresas analizadas para un estudio debe estar constituido por empresas que realicen la misma actividad económica, por ejemplo: Empresas que cultiven rosa y que sean homogéneas en la mayoría de las variables relevantes, por ejemplo, número de trabajadores, ubicación geográfica, niveles de rotación, tamaño en volumen de ventas totales, niveles tecnológicos, entre otras variables que puedan ser críticas para el estudio. La homogeneidad es con el objetivo de reducir factores de confusión relacionados con las características de las empresas y a su vez sea posible maximizar la población estable.

Para el reclutamiento es necesario invitar a todas las empresas que cumplan con los criterios establecidos, para dar a conocer a través de comunicaciones formales y reuniones de acercamiento con el gerente de la empresa o su representante de los objetivos y la metodología por aplicar.

A partir de los acercamientos formales, es posible identificar las empresas que manifiesten interés formal de participar en el estudio y disponibilidad para ofrecer tiempo de los trabajadores. En la etapa de reclutamiento es importante aclarar y acordar con las empresas todos los aspectos de confidencialidad y manejo de la información.

1.2. Reclutamiento de Trabajadores

La población de estudio debe ser tomada de las empresas seleccionadas en la muestra, el número de trabajadores seleccionados será igual en cada una de las empresas que hagan parte del estudio. El tamaño de la muestra debe ser calculado inicialmente con métodos estadísticos estándares, pero finalmente debe ajustarse de acuerdo a las restricciones de las empresas y el sector en general. Es importante definir los criterios de inclusión y exclusión que deben tenerse en cuenta para la selección de la muestra de los trabajadores.

2. METODOLOGÍA

2.1. Definición de variables

Para estudios enfocados en la evaluación de la demanda mecánica en extremidades superiores (u otras partes del cuerpo que apliquen al estudio), ejercida por los trabajadores, al realizar tareas que implican posturas incorrectas, movimientos repetitivos o ejecución de fuerzas, se propone evaluar variables dependientes como la incomodidad, la usabilidad y las demandas mecánicas, específicamente la carga postural y sus variables cinemáticas y la actividad muscular.

2.1.1. Incomodidad

La incomodidad debe ser evaluada a través de instrumentos de auto-reporte, que permitan medir a través de escalas de medición, como por ejemplo la escala de BORG, la percepción de incomodidad y el esfuerzo percibido por los trabajadores en sus miembros superiores al desarrollar las tareas bajo las diferentes combinaciones de los factores evaluados.

2.1.2. Usabilidad

La usabilidad debe ser evaluada a través de herramientas de auto-reporte, que deben ser aplicadas al final del desarrollo de las pruebas ejecutadas, esta variable permite medir la percepción de los participantes con respecto al uso de la herramienta o equipo evaluado. Como descriptores de comodidad o incomodidad para la usabilidad de las herramientas de mano se deben tener en cuenta diferentes factores de confort, que han sido clasificados en tres grupos significativos: funcionalidad, interacción física y apariencia.

2.1.3. Carga Postural

La carga postural y dinámica (velocidades y aceleraciones), se deben evaluar a través de la medición de los segmentos corporales mas demandados al ejecutar las tareas, por ejemplo en el caso de los miembros superiores para las tareas de corte de rosas, se deben evaluar la postura de la muñeca, brazo y antebrazo

(flexión y extensión de muñeca y codo, pronación-supinación del antebrazo y desviación ulnar-radial de la muñeca).

La captura de estos datos se puede realizar a través de electro-goniómetros con tecnologías basadas en sonido, equipos electrónicos que constan de sensores que se ubican sobre la piel para cada segmento anatómico (Figura 2). Las señales resultantes de este tipo de equipos pueden ser evaluadas a través de procedimientos digitales que ofrecen en general los softwares de los equipos y un software de herramientas matemáticas (Matlab, USA).

Figura 2. Ubicación del electro-goniómetro en los segmentos anatómicos



2.1.4. Actividad Muscular

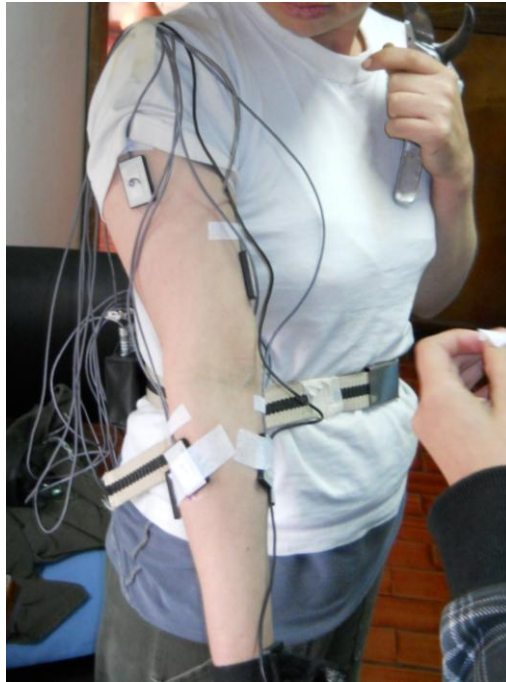
La actividad muscular se evalúa en los principales grupos musculares involucrados en una tarea para tratar de inferir la carga a la que se exponen dichos músculos. Para la captura de estos datos se recomienda la Electromiografía de superficie (EMG) que es una técnica que ha sido ampliamente utilizada en estudios de ergonomía.

La captura de los datos se realiza a través de señales de EMG, que son tomadas por sensores de electromiografía, que analizan las diferencias de potenciales de los músculos; este tipo de sensores son ubicados superficialmente sobre el vientre

del músculo de acuerdo con guías anatómicas estándares (SENIAM, 1999; Perotto, 2005) (Figura 3).

El procesamiento de este tipo de señales requiere procedimientos de filtrado, normalizado y suavizado (con ventanas de 50, 200 y 500 ms), para el análisis de los datos los cuales pueden ser realizados a través de un paquete de variables matemáticas como Matlab.

Figura 3. Ubicación de los sensores de EMG en los músculos evaluados.



2.2. Definición de factores y niveles

El objetivo de todos los estudios están basados en la influencia de las variables independientes definidas en la metodología, el análisis de los factores y niveles se definen de acuerdo a las hipótesis planteadas en estudios similares y/o análisis observacionales en las tareas evaluadas, en general se recomienda comparar niveles de uso tradicional versus niveles novedosos.

Por ejemplo en casos de analizar el factor herramienta, se recomienda comparar la usada comúnmente o considerada tradicional para la actividad evaluada contra una herramienta nueva en el mercado que ofrezca ventajas ergonómicas o cualquier mejora que requiera ser comprobada..

3. RECOLECCIÓN DE DATOS

3.1. Herramientas de Auto-reporte

Para la evaluación de variables como la incomodidad y la usabilidad se recomienda el uso de herramientas de auto-reporte que incluyen cuestionarios, formularios y reportes basados en escalas de medición como la escala de Borg; este tipo de métodos comparados con otros instrumentos de medición ofrecen una buena relación de costo-beneficio y adicionalmente los resultados arrojados son de fácil análisis.

3.2. Instrumentos de Medición directa

Aunque las herramientas de auto-reporte son consideradas muy adecuados y beneficiosas, existen discusiones acerca de la exactitud que ofrecen estos instrumentos; Por lo cual, para la evaluación de variables como la carga postural, actividad muscular u otras variables que requieran precisión, se recomienda a través de esta guía el uso de instrumentos de medición directa, que implican mayor costo y complejidad para el análisis de los datos, pero a la vez ofrecen mayor precisión y exactitud en los datos obtenidos.

Por ejemplo para la medición del factor de repetitividad se utilizan instrumentos de medición directa como las goniometrías antes mencionadas, que una vez procesadas pueden resultar en indicadores que permitan analizar posturas extremas, velocidades y aceleraciones que reflejan la intensidad y repetitividad del movimiento.

4. ANALISIS DE DATOS

4.1. Análisis estadístico descriptivo

Se debe realizar un análisis estadístico descriptivo de los niveles de las variables dependientes definidas, para el caso de las recomendadas en este estudio serían la incomodidad, las cargas posturales y actividades musculares (media, percentiles, valores mínimos y máximos), verificando la influencia de cada una de las diferentes factores y niveles evaluados en la demanda mecánica de miembros superiores o segmentos corporales analizados en los trabajadores que realizan las tareas especificadas para el estudio.

4.2. Análisis de varianzas

Se debe definir a nivel de metodología un diseño experimental basado en el objetivo principal del estudio, en el cual se pueda verificar y cuantificar la influencia de las variables independientes sobre las variables dependientes definidas en el estudio, Soportados en el diseño experimental planteado, se deben realizar pruebas estadísticas de análisis de varianza (ANOVA) para identificar diferencias significativas entre los niveles de cada una de las variables definidas. Este análisis se recomienda realizarlo en paquetes estadísticos eficaces y de fácil manejo como SPSS