

**ADVERTIMENT.** La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX ([www.tesisenxarxa.net](http://www.tesisenxarxa.net)) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

**ADVERTENCIA.** La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR ([www.tesisenred.net](http://www.tesisenred.net)) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

**WARNING.** On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX ([www.tesisenxarxa.net](http://www.tesisenxarxa.net)) service has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized neither its spreading and availability from a site foreign to the TDX service. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service is not authorized (framing). This rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Departament d'Organització d'Empreses

Análisis de los factores de la organización del trabajo (OT)  
y su influencia en la exposición a factores de riesgo por  
carga física biomecánica en el proceso de cosecha de  
rosas en Colombia

Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona  
(ETSEIB)



**DISERTACIÓN DOCTORAL**

Presentado por:

D<sup>o</sup> Luis Andrés Saavedra-Robinson

Dirigido por:

Dr. D Pedro Manuel Rodríguez Mondelo

Barcelona, Julio de 2012

## **Agradecimientos**

Agradezco a los Centros de Estudios de Ergonomía en Bogotá Colombia y el Centro de Ergonomía Aplicada en Barcelona, muchas gracias por la constante orientación y apoyo en los temas de su competencia y experticia, gracias a Enrique, Sonia, Aquiles, Leonardo y Cesar por sus constantes orientaciones, a Ángela, Magda, Claudia, María Fernanda, Shirley, Oscar, Jorge, Lope y Cristian por su inestimable colaboración. También agradecer a los doctores Rolando y Marianela quienes con su contribución el aporte obtuvo un carácter multidisciplinario lo cual contribuyó en gran medida a la diversificación de la disertación.

Así mismo, agradecer a las empresas participantes por la invaluable colaboración en el trabajo de campo de la disertación, gracias por compartir con nosotros la necesidad de cambios en este sector industrial y por la disposición incesante en búsqueda de las mejores alternativas para el personal que trabaja en este sector.

Por último, quiero expresar mi agradecimiento al Departamento de Organización de Empresas y al Centre Específic de Recerca per a la millora i Innovació de les Empreses (CERpIE) de la Universidad Politécnica de Cataluña por la confianza depositada en mí.

*Deseo dedicarle este trabajo primero que nada a mi familia, quienes día a día me han demostrado su esfuerzo, sacrificio y responsabilidad, valores que fielmente he intentado depositar en este documento y cumplir ese objetivo trazado ya hace unos años y ¿como agradecer a aquellas personas que lo han dado todo por ti?, simplemente decir que este logro de todos nosotros, mamá, Her, Zoyla, Luz, Dutty, Ayda, Vinc, Stephy, Cristian, Oscar, Beatriz, demás tías, tíos, primos en fin, gracias por tenerme esa paciencia y amor infinita, los quiero mucho y no existen palabras que expresen tal sentimiento.....*

*Deseo también dedicarle a mis amigos y todo aquel que de una u otra manera estuvo involucrado con la elaboración de esta disertación, a Caro, Nazly, Clau, Fredy, Adri, Moni, Juan, Sonia, Kike, Leo, Cris, Dina, Dianis, Pipe, Maga, Elkin, Thanee, en fin infinidad de personas que siempre estuvieron allí para compartir los momentos de felicidad pero sobretodo alentarme en los momentos difíciles, gracias por ofrecer una sonrisa de esperanza, un llamado a seguir positivo y a continuar en esta travesía que nos ha dejado tan buenas personas, compañeros, sitios y lugares en sueño, la oportunidad de salir de nuestro país e intentar representarlo de la mejor manera, a todos los conocidos que viven en Barcelona, un voto de positivismo y alegría infinita....*

*Finalmente aquellas personas allegadas que por sucesos de la vida ya no nos acompañan, que me enseñaron a ver la vida de otra perspectiva, a aprender a valorar lo afortunados que somos, la energía y las ganas de hacer bien las cosas y que por ello es imperante trabajar día a día con la mejor devoción, para agradecer a la vida todo lo que nos ha dado y lo que está por ofrecernos, gracias a la ciudad de Barcelona por abrirnos sus puertas y enseñarnos tantas experiencias invaluable y que siempre estarán presentes en nuestro recuerdo..... Visca Barcelona.*

## Resumen

Las industrias actuales se enfrentan a retos nuevos, debido a la creciente competencia internacional, esto involucra necesidades relacionadas con el aumento de la productividad, el diseño de nuevos productos y plazos de entrega cada vez más cortos. Al mismo tiempo, las consideraciones ergonómicas en el diseño del trabajo y los lugares de trabajo puede fomentar la productividad y la calidad, promover la salud de los empleados y atraer a nuevos empleados (Axelsson, 2000). La producción de flores en Colombia se destina principalmente a la exportación, siendo el segundo país exportador en el mundo después de Holanda y representando el 14% del valor mundial de las exportaciones del producto. Así mismo, esta actividad por ser desarrollada de manera manual y repetitiva, ha evidenciado un gran número de los Trastornos Musculoesqueléticos (MSD siglas en Inglés) los cuales son la mayor causa de enfermedad profesional en este sector industrial (European Agency for Safety and Health at Work, 2007). Ante esto, de manera inicial para este estudio, se propuso determinar los factores de la Organización del Trabajo (OT) presentes en el proceso de cosecha de rosas y analizar su influencia en la exposición a factores de riesgo por carga física biomecánica. La metodología escogida ha sido una investigación observacional analítica de tipo transversal a través de un estudio de casos. Para ello, la hipótesis frente a la situación actual ha quedado reflejada a través de las siguientes preguntas de investigación: ¿Es posible que los factores de la organización del trabajo modulen los MSDs relacionados con el trabajo en el sector floricultor? y ¿Será posible determinar las acciones técnicas estándar de las actividades de cosecha de rosas que permitan indicar el menor porcentaje de trabajadores expuestos a los WRMSD?. Inicialmente se realizó una revisión de la literatura la cual ha dado como resultado un modelo conceptual propuesto que relacione los factores de la OT y la prevalencia de los WRMSD. Posteriormente, el trabajo de campo fue realizado con siete (7) empresas del sector floricultor Colombiano y cuyo resultado ha arrojado un índice OCRA medio de 3,3003 para el miembro superior derecho y un valor de 2,6430 para el caso del miembro superior izquierdo. Se aplicaron conocimientos en organización industrial para la determinación de las acciones técnicas estándar dejando reducciones del índice OCRA en tareas como enmalle, poda, desbotone y corte de Rosas, esta última con un valor de reducción aproximado del 66%. Finalmente se realizaron propuestas de mejoras que involucran aspectos de rediseño, ritmos de trabajo y un modelo matemático de optimización a fin de generar un programa de rotación de personal con parámetros propios de la ergonomía como principal eje de reducción de esfuerzo.

Palabras clave: Organización del Trabajo, WRMSD, Ergonomía, índice OCRA, Sector Floricultor, Estructura de redes.

## Resum

Les indústries actuals s'enfronten a reptes nous, a causa de la creixent competència internacional, això involucra necessitats relacionades amb l'augment de la productivitat, el disseny de nous productes i terminis de lliurament cada vegada més curts. Alhora, les consideracions ergonòmiques en el disseny del treball i els llocs de treball pot fomentar la productivitat i la qualitat, promoure la salut dels empleats i atreure nous empleats (Axelsson, 2000). La producció de flors a Colòmbia es destina principalment a l'exportació, sent el segon país exportador al món després d'Holanda i representant el 14% del valor mundial de les exportacions del producte. Així mateix, aquesta activitat per ser desenvolupada de manera manual i repetitiva, ha evidenciat un gran nombre dels Trastorns Musculoesquelètics (MSD sigles en anglès) els quals són la major causa de malaltia professional en aquest sector industrial (European Agency for Safety and Health at Work, 2007). Davant d'això, de manera inicial per a aquest estudi, es va proposar determinar els factors de l'Organització del Treball (OT) presents en el procés de collita de roses i analitzar la seva influència en l'exposició a factors de risc per càrrega física biomecànica. La metodologia escollida ha estat una investigació observacional analítica de tipus transversal a través d'un estudi de casos. Per a això, la hipòtesi davant de la situació actual ha quedat reflectida a través de les següents preguntes d'investigació: És possible que els factors de l'organització del treball modulin els MSDS relacionats amb el treball en el sector floricultor? i Serà possible determinar les accions tècniques estàndard de les activitats de collita de roses que permetin indicar el menor percentatge de treballadors exposats als WRMSD?. Inicialment es va realitzar una revisió de la literatura la qual ha donat com a resultat un model conceptual proposat que relacioni els factors de la OT i la prevalença dels WRMSD. Posteriorment, el treball de camp va ser realitzat amb set (7) empreses del sector floricultor Colombià i el resultat ha llançat un índex OCRA mitjà de 3,3003 per al membre superior dret i un valor de 2,6430 per al cas del membre superior esquerre. Es van aplicar coneixements en organització industrial per a la determinació de les accions tècniques estàndard deixant reduccions de l'índex OCRA en tasques com emmallament, poda, desbotone i tall de Roses, aquesta última amb un valor de reducció aproximat del 66%. Finalment es van realitzar propostes de millores que involucren aspectes de redisseny, ritmes de treball i un model matemàtic d'optimització per tal de generar un programa de rotació de personal amb paràmetres propis de l'ergonomia com a principal eix de reducció d'esforç.

Paraules clau: Organització del Treball, WRMSD, Ergonomia, índex OCRA, Sector Floricultor, Estructura de xarxes.

## Abstract

The industries are facing new challenges due to increasing international competition, this involves needs for increased productivity, new product design and delivery times getting shorter. At the same time, ergonomic considerations in the workplace design can boost productivity and quality, promoting the health of employees and attract new employees (Axelsson, 2000). Flower production in Colombia is mainly for export, being the second largest exporter in the world after the Netherlands and accounting for 14% of global exports of the product. Also, this activity be developed manually and repetitively, has shown a large number of Musculoskeletal Disorders which are the major cause of occupational disease in this industry (European Agency for Safety and Health at Work, 2007). The initial goal for this study was to determine the factors of the International Labour Organization (ILO) present in the harvesting process of roses and analyze their influence on the exposure to risk factors for physical load biomechanics. The methodology chosen was an analytical observational cross-sectional through a case study. For this, the hypothesis against the current situation has been reflected through the following research questions: Is it possible that organizational factors can modulate the work-related MSDs work in the flower industry? and Is it possible to determine the technical standard actions that allow harvest of roses indicate the lowest percentage of workers exposed to WRMSD?. Initially there was a literature review which has resulted in a proposed conceptual model that relates the ILO factors and the prevalence of WRMSD. Subsequently, the field work was conducted with seven (7) companies in the Colombian flower industry has shed resulting in an average 3.3003 OCRA index for the right arm and a value of 2.6430 for the case of the upper left . Knowledge is applied in industrial organization for the determination of the technical standard reductions leaving OCRA index in tasks such as gill, pruning, disbudding and cut roses, the latter with a value of approximately 66% reduction. Finally, suggestions for improvements were made involving aspects of redesign, working patterns and mathematical optimization model to generate a turnover program with parameters of ergonomics to be a major reduction effort.

Keywords: Work Organization, WRMSD, Ergonomics, OCRA index, floriculture, transportation network structure.

# Tabla de Contenido

## CAPÍTULO 1. OBJETIVOS Y METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

1.1. Introducción .....	2
1.2. Objetivos del estudio.....	3
1.3. Metodología y estructura del contenido.....	4
1.3.1. Descripción de la muestra .....	5
1.3.2. Participantes.....	5
1.3.3. Procedimiento metodológico .....	6
1.3.4. Fiabilidad de la metodología.....	7
1.3.5. Validación externa.....	8
1.3.6. Validación bibliográfica.....	8

## CAPÍTULO 2. SECTOR FLORICULTOR COLOMBIANO

2.1. Descripción del sector.....	13
2.1.1. Área de producción .....	13
2.1.1.1. El producto (la rosa) .....	14
2.1.1.2. Distribución de la zona de cultivo.....	15
2.1.1.3. Equipos y herramientas .....	17
2.1.1.4. El personal .....	18
2.1.2. Áreas de apoyo a la producción .....	19
2.2. Justificación del sector.....	20
2.2.1. Justificación del producto (la rosa) .....	21
2.2.2. Justificación de la zona geográfica .....	21

## CAPÍTULO 3. ERGONOMÍA Y LOS TRASTORNOS MUSCULOESQUELÉTICOS RELACIONADOS CON EL TRABAJO (WRMSD)

3.1. Ergonomía .....	24
3.1.1. Definición .....	24
3.1.2. Área de especialización.....	25
3.1.2.1. La ergonomía cognitiva .....	25
3.1.2.2. Ergonomía física.....	25
3.1.2.3. Ergonomía organizacional .....	26
3.2. Trastorno musculoesquelético (MSDs) .....	27
3.2.1. Definición .....	27
3.2.2. Clasificación de los MSDs .....	27
3.2.3. Trastorno musculoesquelético relacionado con el trabajo (WRMSD) .....	28
3.2.3.1. Síndrome del túnel del carpo y los factores de riesgo biomecánico relacionados con el trabajo.....	31
3.2.3.2. WRMSDs en el sector floricultor colombiano .....	35

## CAPÍTULO 4. MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE LOS FACTORES DE RIESGO POR CARGA FÍSICA BIOMECÁNICA ASOCIADOS A LOS WRMSD

4.1. Valoración del riesgo .....	40
4.2. Métodos simples de valoración .....	42
4.3. Métodos detallados de valoración .....	44
4.4. Comparación de los métodos de valoración.....	47
4.4.1. Clasificación de los métodos de valoración respecto al factor de riesgo.....	49

## CAPÍTULO 5. ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO RELACIONADO CON LOS TRASTORNOS MUSCULOESQUELÉTICOS

5.1. Factores de la Organización del Trabajo.....	52
5.1.1. Métodos y procedimientos.....	53
5.1.2. Herramientas.....	55
5.1.3. El Producto y su entorno .....	57
5.2. Modelo propuesto en la organización del trabajo .....	58

## CAPÍTULO 6. RESULTADOS EN EL PROCESO DE CULTIVO DE ROSAS

6.1. La organización del trabajo en el sector floricultor.....	66
6.1.1. Descripción de las tareas desarrolladas en el proceso de cosecha .....	68
6.1.2. Herramientas utilizadas .....	75
6.1.3. Objeto y entorno .....	78
6.2. Resultados aplicación método OCRA .....	80
6.2.1. Índice OCRA medio.....	89
6.2.2. Previsión de los WRMSDs.....	90

## CAPÍTULO 7. ANÁLISIS FACTORES DE LA ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO Y LOS WRMSD

7.1. Análisis de eventos .....	94
7.1.1. Efecto parámetro Rotación .....	94
7.1.1.1. Propuesta de un modelo de optimización para la implementación de agendas de rotaciones.....	96
7.1.1.2. Validación de la propuesta del modelo de optimización .....	102
7.1.1.3. Resultados Obtenidos del modelo PTER.....	105
7.1.2. Métodos y Procedimientos .....	109
7.1.3. Rediseño de Herramientas .....	110
7.2. Propuesta de acciones técnicas estándar .....	111
7.3. Alternativas de mejora .....	114

## CAPÍTULO 8. CONCLUSIONES, LIMITACIONES Y TRABAJOS FUTUROS

8.1. Conclusiones y limitaciones del estudio .....	121
8.2. Trabajos Futuros.....	126
REFERENCIAS .....	128
ANEXOS.....	147

## Listado de Figuras

Figura 1. Procedimiento metodológico de la investigación. ....	6
Figura 2. Cronograma (estimado vs ejecutado) de la investigación. ....	7
Figura 3. Procedimiento de la revisión sistemática de la literatura.....	10
Figura 4. Áreas del sector floricultor. ....	13
Figura 5. Diagrama de bloques del proceso de germinación .....	14
Figura 6. Especificaciones técnicas de la rosa .....	14
Figura 7. Descripción de una cama .....	16
Figura 8. Descripción de una nave .....	16
Figura 9. Descripción de un bloque .....	17
Figura 10. Distribución de trabajadores por género en el área de cultivo. ....	18
Figura 11. Diagrama de bloques del proceso de post-cosecha. ....	19
Figura 12. Importaciones de flores de Estados Unidos por países socios, en valor (año 2009) 20	
Figura 13. Distribución de las Flores exportadas en Colombia para el año 2010.....	21
Figura 14. Ubicación de la Sabana de Bogotá.....	21
Figura 15. Proporción de las enfermedades profesionales .....	30
Figura 16. Los factores de riesgo de los MSDs, Porcentaje de trabajadores expuestos .....	30
Figura 17. Anatomía del Túnel del carpo .....	31
Figura 18. Enfermedades profesionales según sistema afectado. Años 2003–2004 .....	36
Figura 19. Procedimiento de evaluación del riesgo .....	41
Figura 20. Tipología de los métodos de evaluación.....	42
Figura 21. Pirámide comparativa de los métodos de evaluación .....	48
Figura 22. Diagrama de Ventt para los métodos de valoración frente al factor de riesgo.....	49
Figura 23. Principales elementos de la organización del trabajo .....	52
Figura 24. Relaciones entre los factores de riesgo de origen físico, organizacional y personal.59	
Figura 25. Relación entre la biomecánica y la organización del trabajo.....	60
Figura 26. Relación de la OT, la ergonomía y la salud del trabajador.....	61
Figura 27. La tecnología en el lugar de trabajo y su relación con los WRMSDs .....	62
Figura 28. Relación entre las condiciones de trabajo y la calidad de la producción .....	62
Figura 29. Modelo propuesto de relación entre la OT y los WRMSDs .....	63
Figura 30. Condiciones relacionadas con la OT en los sectores de la Agricultura, caza, reforestación y pesca. ....	66
Figura 31. Ilustración de Control de Hierbas – Despatrone o deschute .....	68
Figura 32. Ilustración de Programación – Corte de rosa (pronación) .....	68
Figura 33. Ilustración de Programación – Corte de rosa (supinación).....	69
Figura 34. Ilustración de Agobio – Despeine de tallos. ....	69

Figura 35. Ilustración de Erradicación – Desbotone – Descabece. ....	70
Figura 36. Ilustración Brotes laterales. ....	70
Figura 37. Ilustración de Enmalle y Desenmalle. ....	70
Figura 38. Ilustración de Escarificar o Trinchar. ....	71
Figura 39. Barrer (1) – vista frontal. ....	71
Figura 40. Ilustración de Riego. ....	71
Figura 41. Ilustración de Sacar Basura. ....	72
Figura 42. Ilustración de Bajar cortinas. ....	72
Figura 43. Evaluación de las herramientas de corte para el sector floricultor .....	75
Figura 44. Apertura de la tijera bell. ....	76
Figura 45. Soluciones empíricas en el manejo de las tijeras de corte. ....	77
Figura 46. Ilustración entre un cultivo convencional y un cultivo hidropónico. ....	79
Figura 47. Formato diagrama de proceso bimanual (ejemplo) ....	81
Figura 48. Papel de la ergonomía en el proceso de diseño productivo. ....	93
Figura 49. Esquema de un modelo basado en una estructura de redes .....	97
Figura 50. Medias Marginales estimadas de la variable duración neta del trabajo repetitivo ..	101
Figura 51. Declaración de las variables de entrada del PTER en GAMS. ....	102
Figura 52. Sintaxis de los parámetros duración $A_j$ y frecuencia $F_j$ .....	103
Figura 53. Sintaxis de la Matriz $E_{jk}$ y las ecuaciones del modelo .....	104
Figura 54. Representación gráfica de los nodos de conservación de flujo. ....	105
Figura 55. Nuevo planteamiento incluyendo la restricción de conservación de flujo a 330min	106
Figura 56. Resumen de la solución obtenida al aplicar el modelo PTER. ....	108
Figura 57. Rediseño de la tijera de corte. ....	110
Figura 58. Alternativas de mejora. ....	114
Figura 59. Alternativa 1 – Elevar la altura de los caminos .....	115
Figura 60. Alternativa 2 – El uso de zancos. ....	116
Figura 61. Alternativa 3 – el uso de mesas estilo carretilla .....	116
Figura 62. Alternativa 4 – El uso de un palo con gancho. ....	117
Figura 63. Comparación postural al utilizar cultivos hidropónicos. ....	118

## Listado de Tablas

Tabla 1. Elección de un método de investigación según las características del problema.....	4
Tabla 2. Equipos y herramientas manuales utilizadas en el proceso de cosecha de rosas .....	17
Tabla 3. Productos más exportados por la administración de aduana (Enero-Julio 2008).....	22
Tabla 4. Trastornos musculoesqueléticos relacionados con las diferentes zonas del cuerpo ...	27
Tabla 5. Nivel de evidencia entre el CTS y los factores de riesgo por carga física .....	34
Tabla 6. Hallazgos relevantes de los MSDs en el miembro superior .....	35
Tabla 7. Diagnósticos de EP de mayor frecuencia. Año 2004. ....	37
Tabla 8. Distribución de las EPs según actividad económica. ....	37
Tabla 9. Normas ISO relacionado con la carga física biomecánica .....	40
Tabla 10. Listado no exhaustivo de los métodos simples sugeridos norma ISO/CD 11228-3...	43
Tabla 11. Listado no exhaustivo de los métodos detallados sugeridos norma ISO11228-3.....	45
Tabla 12. Comparación de los métodos de evaluación por carga física biomecánica.....	47
Tabla 13. Consideraciones para un correcto diseño y uso de herramientas manuales.....	57
Tabla 14. Resumen de la producción diaria, horas trabajadas y jornada real de trabajo .....	72
Tabla 15. Producción diaria por empresa .....	73
Tabla 16. Horas diarias dedicadas a cada tarea.....	74
Tabla 17. Resultados por tipo de rosa y tipo de tijera (Kgf) .....	77
Tabla 18. Resumen diagrama bimanual para las actividades de cosecha .....	81
Tabla 19. nivel de intensidad del esfuerzo en las tareas de cosecha de rosas .....	83
Tabla 20. Factor fuerza de las tareas de cosecha utilizando el método OCRA.....	84
Tabla 21. Factor Postura de las tareas de cosecha utilizando el método OCRA .....	85
Tabla 22. Factor frecuencia de las tareas de cosecha utilizando el método OCRA .....	87
Tabla 23. Nivel de riesgo valorado por el método OCRA .....	88
Tabla 24. Resultado final del método OCRA en las tareas de cosecha de rosas .....	88
Tabla 25. Índice OCRA medio .....	90
Tabla 26. Previsión de WRMSDs a partir del índice OCRA .....	91
Tabla 27. Codificación de las tareas para la inclusión en la PTER .....	98
Tabla 28. Matriz de variación del índice OCRA Ejk.....	99
Tabla 29. Pruebas de los efectos inter-sujetos .....	101
Tabla 30. Agenda propuesta de rotación de trabajadores con criterios ergonómicos .....	107
Tabla 31. Descripción de las acciones técnicas estándar.....	111
Tabla 32. Ponderaciones posturales para las acciones técnicas estándar .....	113
Tabla 33. Recalculo del índice OCRA a partir de las alternativas propuestas.....	119

## Listado de Ecuaciones

Ecuación 1. Porcentaje de patológicos Índice OCRA.....	90
Ecuación 2. Función Objetivo- Programación de Tareas basado en una Estructura redes.....	99
Ecuación 3. Restricción de la duración de la jornada laboral.....	99
Ecuación 4. Restricción de la frecuencia de las actividades.....	99
Ecuación 5. Conservación de flujo de la tarea inicial.....	99
Ecuación 6. Conservación de flujo de las tareas intermedias.....	99
Ecuación 7. Conservación de flujo de la tarea de salida.....	99
Ecuación 8. Diferencia entre índice OCRA tarea j y el índice OCRA tarea k.....	100
Ecuación 9. Curva de aprendizaje .....	109

## **Listado de Anexos**

Anexo A. Protocolo detallado de la fase de campo.....	147
Anexo B. Entrevista en Profundidad.....	150
Anexo C. Palabras clave de búsqueda.....	151
Anexo D. Videoteca .....	152
Anexo E. Diagrama bimanual para actividades de cosecha.....	153
Anexo F. Formato método OCRA en las actividades de cosecha de rosas.....	170
Anexo G. Prueba Scheffe comparaciones múltiples .....	172
Anexo H. Informe resultados Programación de Tareas basado en Estructura de Redes.....	175

## Glosario

**Acción técnica:** acciones manuales elementales necesarias para completar las operaciones dentro del ciclo de trabajo, tales como mantener, girar, empujar, cortar.

**Bloque:** Compendio de un número finito de camas (ver camas), normalmente este número oscila entre 15 a 20 camas por cada bloque.

**Biomecánica:** Es una disciplina científica que tiene por objeto el estudio de las estructuras de carácter mecánico que existen en los seres vivos, fundamentalmente del cuerpo humano.

**Camas:** porción de tierra donde son sembradas las rosas y cuyas dimensiones corresponden a 30m de largo por 1 m de ancho.

**Carga física:** conjunto de requerimientos físicos a los que se ve sometido el trabajador a lo largo de su jornada laboral.

**Ciclo de trabajo:** secuencia de acciones técnicas que se repiten siempre de la misma manera.

**Condiciones de Trabajo:** Cualquier característica del mismo que pueda tener una influencia significativa en la generación de riesgos para la seguridad y la salud del trabajador

**Factores de riesgo:** Elementos que, estando presentes en las condiciones de trabajo, pueden desencadenar una disminución de salud o seguridad en los trabajadores.

**Finca:** es una propiedad inmueble que se compone de una porción delimitada de terreno principalmente utilizado para labores de agricultura.

**Frecuencia de acciones:** número de acciones técnicas por minuto.

**Fuerza:** esfuerzo físico requerido del trabajador para realizar las acciones técnicas.

**Posturas:** posiciones de segmento(s) o articulación(es) del cuerpo requeridos para realizar las acciones técnicas.

**Tarea repetitiva:** tarea caracterizada por ciclos de trabajo repetidos.

**Tiempo de recuperación:** período de descanso siguiente a un período de actividad en el cual puede darse el restablecimiento del tejido humano

## Abreviaturas

**ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists):** Asociación Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales.

**AENOR:** Asociación Española de Normalización y Certificación.

**ARP:** Administradora de Riesgo Profesionales.

**ASOCOLFLORES:** Asociación Colombiana de Exportadores de Flores.

**CTS (Carpal Tunnel Syndrome):** Síndrome del Túnel del Carpo.

**GAMS (General Algebraic Modeling System):** Sistema General de modelamiento algebraico.

**IEA (International Ergonomics Association):** Asociación Internacional de Ergonomía.

**INSHT:** Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

**ISO (International Organization for Standardization):** Organización Internacional de estandarización.

**NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health):** Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional.

**OCRA (Occupational Repetitive Action):** Acciones Repetitivas Ocupacionales.

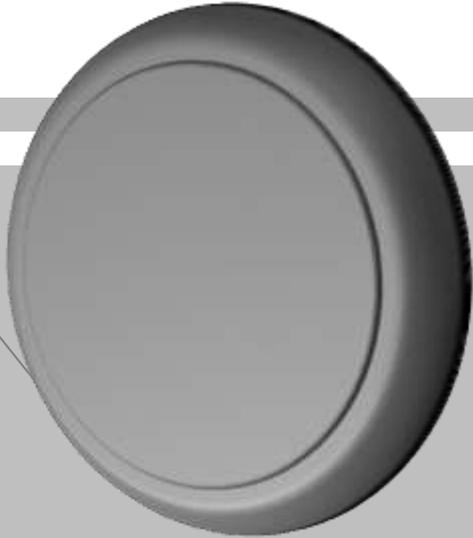
**OIT:** Organización Internacional del Trabajo.

**PRL:** Prevención en Riesgos Laborales.

**PTER:** Programación de Tareas basado en una Estructura de Redes.

**SGSSS:** Sistema General de Salud y Seguridad Social.

**WRMSD (Work-Related Musculoskeletal Disorder).** Trastorno Musculoesquelético Relacionado con el Trabajo.



# Capítulo

# 1

## Objetivos y Metodología

### **1.1. Introducción**

### **1.2. Objetivos del estudio**

### **1.3. Metodología y estructura del contenido**

- 1.3.1. Descripción de la muestra
  - 1.3.2. Participantes
  - 1.3.3. Procedimiento metodológico
  - 1.3.4. Fiabilidad de la metodología
  - 1.3.5. Validación externa
  - 1.3.6. Validación bibliográfica
- 



## 1.1. Introducción

En la mayoría de los países, la agricultura es reconocida como una de las industrias más peligrosas frente a las enfermedades de tipo ocupacional, siendo los trastornos musculoesqueléticos (MSDs siglas en inglés) los principales problemas que deben enfrentar la mano de obra agrícola (European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions, 2007). Los floricultores han estado incrementando su productividad con enfoques innovadores para resolver sus problemas de tiempos de entrega, calidad en el producto y aumentar el nivel de siembra para la cosecha y postcosecha. Sin embargo, algunas de estas innovaciones, en muchos casos podrían haber sido a expensas de la salud y seguridad de los trabajadores agrícolas.

De un tiempo hasta el presente, los agricultores de todo el mundo han estado implementando las soluciones "ergonómicas" para mejorar la productividad y aumentar la comodidad. Un buen ejemplo fue la introducción de las trilladoras para reemplazar a la trilladora manual de arroz, trigo y otros granos en las granjas de la India, China, Sri Lanka, Tailandia, Filipinas y otros países en el sudeste de Asia y África (Fathallah, 2009).

En el caso Colombiano, la ergonomía es llevada normalmente desde un enfoque clínico y médico, siendo los sectores de la salud y diseño quienes normalmente se encargan de los asuntos ergonómicos en una empresa, sin embargo, generalmente se olvida de un aspecto de suma importancia y es la interfaz productiva entre el hombre y su puesto de trabajo, dejando en claro que en muchas de las ocasiones es el proceso productivo el que está relacionado con la prevalencia del MSD, de ahí la pretensión de que en este estudio, la ergonomía sea vista desde el enfoque de la ingeniería industrial, donde cada acción técnica de un proceso industrial deba ser evaluado con métodos internacionalmente reconocidos y que relacionen la organización del trabajo y su influencia en la carga física biomecánica de cualquier sector industrial especialmente en el caso de la floricultura donde ampliamente se ha evidenciado la presencia de los trastornos musculoesqueléticos de origen laboral.

Está claro que para muchas empresas Colombianas, la salud ocupacional como es concebida en la actualidad, es una responsabilidad compartida frente a empresas terceras, las cuales dependen en gran mayoría de los reportes de incidentes y accidentes ocurridos en la organización, pero no es su deber conocer el proceso y por lo cual no es su responsabilidad el analizar la operación desde su metodología conceptual, escapándose así, y alternativas como el análisis de las operaciones para la prevención de la salud en el trabajo.



En la actualidad, existen numerosos métodos de evaluación ergonómica utilizados de forma habitual por los ergónomos para identificar y valorar factores de riesgo relacionados con los MSDs en los puestos de trabajo y es por ello que se espera una nueva perspectiva de la ergonomía aplicada a través de este estudio, permitiendo crear equipos realmente interdisciplinarios que aborden situaciones en las cuales la persona interactúe con su puesto de trabajo recordando que uno de los principales factores emergentes en la ergonomía es la relacionada con organización del trabajo y esta debe ser encarada con todos los elementos que lo rodean.

A continuación se presenta una investigación a modo de estudio de caso que utiliza la observación analítica y el método OCRA como principales fuentes de información a fin de establecer los factores de la organización del trabajo y su influencia en la carga física biomecánica de cada actividad correspondiente al proceso de cosecha de rosas.

## 1.2. Objetivos del estudio

El objetivo general es determinar los factores de la Organización del Trabajo (OT) presentes en el proceso de cosecha de rosas y analizar su influencia en la exposición a factores de riesgo por carga física biomecánica.

### Preguntas de investigación

¿Es posible que los factores de la organización del trabajo modulen los MSDs relacionados con el trabajo en el sector floricultor? y ¿Será posible determinar las acciones técnicas estándar de las actividades de cosecha y post-cosecha de rosas que permitan indicar el menor porcentaje de trabajadores expuestos a los WRMSD?

### Objetivos Específicos

- a. Determinar los factores de la Organización del Trabajo presentes en el sector floricultor Colombiano
- b. Caracterizar las tareas involucradas en el proceso de cosecha de rosas cuyos factores de riesgo por carga física biomecánica afecten los WRMSDs



### 1.3. Metodología y estructura del contenido

Existen diversos métodos de investigación científica, estos sostienen diferentes ventajas y desventajas según el tipo de problema abordado y sus circunstancias. En la decisión final de cual método se debe elegir, se debe tener en cuenta parámetros importantes tales como el tipo de pregunta de investigación que se busca responder, el control que tiene el investigador sobre los acontecimientos que estudia, y el determinar si el problema es un asunto contemporáneo o un asunto histórico (George & Bennett 2005) (Gerring, 2007). Es por ello que cada método se aplica en situaciones específicas, como se indica en la Tabla 1. Los casos son particularmente válidos cuando se presentan preguntas del tipo "cómo" o "por qué", cuando el tema es contemporáneo y el investigador tiene poco control sobre los acontecimientos (Yin, 2009).

**Tabla 1.** Elección de un método de investigación según las características del problema

Método	Forma de la pregunta de investigación	¿Requiere control sobre los acontecimientos?	¿Se concentra en acontecimientos contemporáneos?
Experimento	¿Cómo? ¿Por qué?	Sí	Sí
Encuesta	¿Quién? ¿Qué? ¿Dónde? ¿Cuánto? ¿Cuántos?	No	Sí
Análisis de archivos	¿Quién? ¿Qué? ¿Dónde? ¿Cuánto? ¿Cuántos?	No	Sí/No
Historia	¿Cómo? ¿Por qué?	No	No
<b>Estudio de casos</b>	<b>¿Cómo? ¿Por qué?</b>	<b>No</b>	<b>Sí</b>

Adaptado de: Case study research: design and methods. Yin. (2009).

Adicionalmente en el estudio de casos, los datos pueden ser obtenidos desde una diversidad de fuentes, tanto cualitativas como cuantitativas; esto significa que la información puede ser obtenida a través de documentos, registros de archivos, entrevistas directas, observación directa, observación de los participantes e instalaciones u objetos físicos (Chetty, 1996; Martínez, 2006).

Es por ello que debido a las características propias del estudio, la metodología escogida para esta investigación fue una observación analítica de tipo transversal desarrollado a través de un estudio de casos. Esta metodología ha sido escogida debido a que el estudio de caso ofrece una evidencia relevante sobre lo ocurrido y se enfoca en aquellos aspectos sobresalientes de la experiencia, que puedan ofrecer mayores indicaciones sobre la efectividad de las actuaciones de los actores que forman parte de dicha experiencia, aspectos de alta relevancia para un sector industrial como es el floricultor, donde la literatura internacional es escasa.



Para cumplir con los objetivos, se escogieron dos instrumentos de recolección de datos, el primero consistió en una entrevista en profundidad a las personas encargadas de la organización del trabajo en las empresas participantes y bajo el manejo de variables relacionadas con el tipo jornadas, horarios, ritmos de trabajo, tipo de población, rotaciones, entre otros.

Así mismo, se propuso la técnica de observación no participativa utilizando medios visuales, es decir a través de videos, como instrumento de recolección de datos que permitiera realizar, en conjunto con las entrevistas en profundidad, el método de evaluación OCRA; que es uno de los métodos más recomendados por las organizaciones internacionales (ISO) debido a que éste involucra aspectos de la organización del trabajo y factores de riesgo por carga física biomecánica que influyen en los trastornos musculoesqueléticos de origen laboral (D. Colombini, 1998; International Standard Organization (ISO), 2007; E. Occhipinti, 1998). El método de evaluación seleccionado permite la simulación de eventos en búsqueda de las acciones técnicas más adecuadas para desarrollar las tareas habituales en el proceso de cosecha de rosas.

### **1.3.1. Descripción de la muestra**

Por las características propias del estudio, la evaluación o establecimiento de criterios no involucró de manera directa las características o habilidades de los participantes frente al desarrollo de una actividad, por el contrario se establece que es el puesto de trabajo del proceso de cosecha el que debe ser evaluado, las tareas de este proceso provienen de ciertas acciones cíclicas por lo cual se estableció un tamaño de muestra de mediciones para validar la duración y características del ciclo.

Finalmente, el número de empresas para este estudio de casos ha sido de 6 floricultoras cuya actividad principal es el cultivo de rosas. Estas empresas fueron seleccionadas debido a su propio interés en indagar y conocer con otra perspectiva el tema en cuestión y por lo cual ofrecieron sus instalaciones y recursos para el desarrollo del estudio.

### **1.3.2. Participantes**

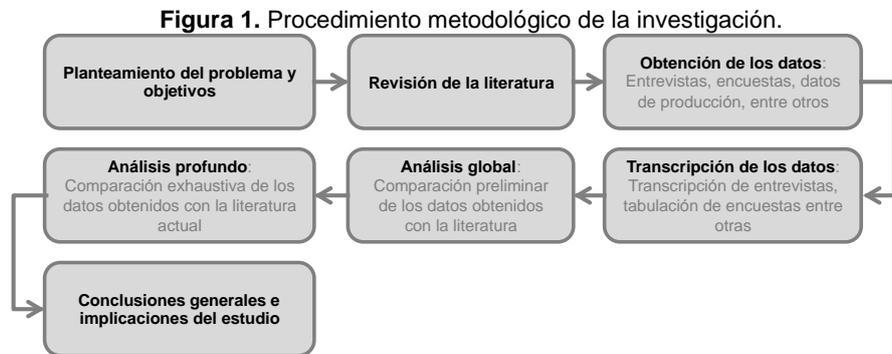
Así mismo, se establece que el marco en donde se desarrolló la investigación correspondió a un trabajo de campo en el sector floricultor Colombiano, para ello de manera específica, se incluyeron a aquellos participantes que laboran en el proceso productivo de la cosecha de rosas que en principio no sufrieran ningún tipo de patología musculoesquelética.



### 1.3.3. Procedimiento metodológico

El procedimiento metodológico destinado para esta investigación está ilustrado en la Figura 1, donde se identifican las diferentes fases que debieron emplearse para obtención empírica de los datos.

En este procedimiento, se tuvieron en cuenta aspectos como el planteamiento del problema, la revisión de la literatura, la obtención de los datos a través de encuestas, entrevistas, datos de producción,



Adaptado de: El método de estudio de caso. Estrategia metodológica de la investigación científica. Martínez, P. (2006).

De igual manera, la transcripción de los datos, el análisis que en primera instancia se realizó de manera preliminar y luego se enfatizó en los puntos clave a ser evaluados. Finalmente se presentan las conclusiones generales, las implicaciones, limitaciones y posibilidades de estudios futuros que garanticen fiabilidad y validez del estudio.

A fin de ejecutar los objetivos trazados, se emplearon dos instrumentos de recolección de datos, el primero consistió en una entrevista en profundidad a las personas encargadas de la organización del trabajo en las empresas participantes y bajo el manejo de variables relacionadas con el tipo de contrato, jornadas, horarios, ritmos de trabajo, tipo de población, rotaciones, planes de reubicación de personal entre otros.

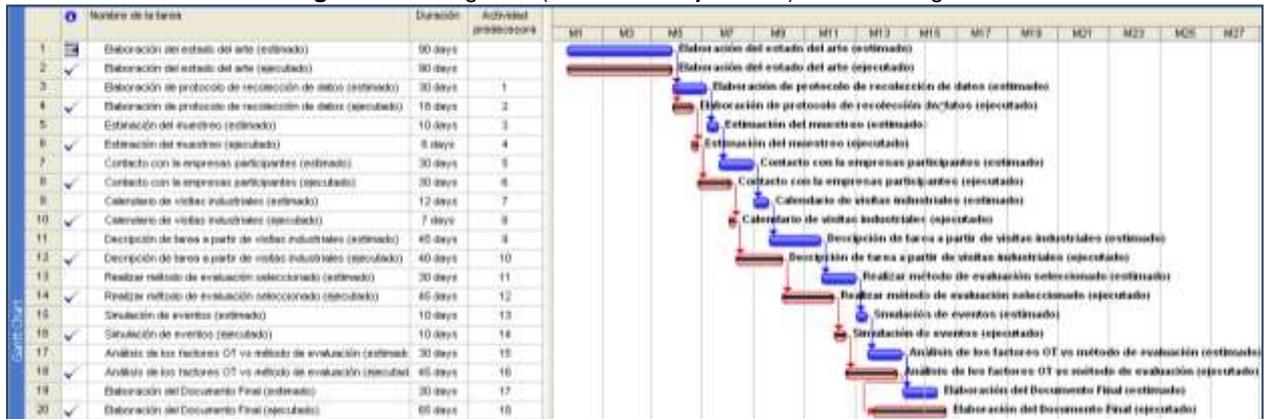
Como segundo instrumento se ha empleado la técnica de observación no participativa a través de instrumentos visuales, es decir, disponiendo de cámaras de video como elemento de recolección de datos, permitiendo realizarse en conjunto con las entrevistas en profundidad. Con estos insumos, se ha aplicado el método de evaluación OCRA, el cual como se ha mencionado anteriormente es el método recomendado por las organizaciones internacionales (ISO) donde involucra aspectos de la organización del trabajo y factores de riesgo por carga física biomecánica.

Para desarrollar el procedimiento metodológico descrito y utilizar los instrumentos mencionados, se ha empleado un esquema siguiendo el estilo del diagrama de Gantt. Este diagrama está conformado por dos calendarios, el primero de color azul, ilustra el calendario



estimado durante el desarrollo de la propuesta de investigación y el segundo calendario ilustra las actividades ejecutadas durante la investigación (ver Figura 2).

Figura 2. Cronograma (estimado vs ejecutado) de la investigación.



Como se puede observar, existieron cambios en el calendario ejecutado respecto al calendario estimado, en las elaboraciones del protocolo de recolección de datos y en la estimación del muestreo se produjo una reducción de tiempo lo que permitió extender la actividad donde se realizó el método OCRA, pues en las primeras visitas se presentaron imprevistos que requirieron una revisión con mayor profundidad así como la diversidad de maneras en desarrollar la misma actividad y los diferentes nombres que se le asignan a esas tareas, las cuales requirieron de una estandarización para la aplicación del método.

Así mismo, existieron labores que se realizaron de manera paralela a fin de cumplir con tiempo trazado, es el caso de la elaboración del documento final el cual al observar en el análisis la disposición de tiempo existente se determinó el elaborar el documento final para optimizar tiempo restante.

#### 1.3.4. Fiabilidad de la metodología

Toda metodología es susceptible a errores en la recolección de información, esto es debido a sesgos de las acciones observadas cuando el participante se dispone a realizar su tarea habitual. Para garantizar la fiabilidad del estudio de caso, se diseñó un protocolo de obtención de datos con el fin de demostrar aquellas acciones que puedan ser repetidas con los mismos resultados por parte de otros investigadores; para ello es necesario que el evaluador conozca muy bien el protocolo (Anexo A) y posea los conocimientos necesarios para la aplicación del método de evaluación propuesto pues de ello depende el éxito de la investigación (Argimon & Jiménez, 2004). De igual manera, se ha incluido un protocolo de entrevista a fin de



estandarizar todas las reuniones efectuadas con el personal a cargo y recibir de manera aproximada la misma información de las empresas participantes (ver Anexo B).

### 1.3.5. Validación externa

A través de la validez externa, se establece el dominio en el cual los resultados del estudio pueden ser generalizados, en este caso a través del método OCRA se pretende garantizar que los resultados sean divulgados.

### 1.3.6. Validación bibliográfica

Procurando una alta sensibilidad en la identificación de aquellos estudios y/o revisiones pertinentes al tema a tratar, se definió, de manera sistemática, un listado de ciento seis (106) vocablos de sondeo; de los cuales diez y siete (17) correspondieron a trastornos musculoesqueléticos del miembro superior; ocho (8) a las zonas anatómicas de miembros superiores comprometidas por dichos desordenes; diez y siete (17) a las exposiciones laborales de tipo físico; quince (15) a las de tipo sociorganizativas; diez y siete (17) a escenarios de trabajo y labores; quince (15) a las intervenciones y finalmente diez y siete (17) atribuibles a los procesos y tecnologías del sector. Los términos se cruzaron con el conector “AND” en la búsqueda de mayor profundización y especificidad. Los detalles de cada uno de los términos se encuentran en el Anexo C.

#### 1.3.6.1. Motores de búsqueda

Las búsquedas se realizaron en las bases EBSCOHost, PUBmed, Scirus, SpringerLink, Taylor & Francis, WebOfKnowlegde y WileyInterscience entre otros. Se complementó la búsqueda realizando una revisión manual de las diferentes agencias, organizaciones e instituciones que se encuentran de manera directa especializados con el manejo de los trastornos Musculoesqueléticos o condiciones de trabajo en la industria, específicamente en el sector floricultor que pudiesen ser incluidos en la revisión. En estas bases, se priorizaron las revistas especializadas en ergonomía correspondientes a la lista de revistas de Ergonomía (ErgonomicsJournalList – EJJ siglas en inglés); en esta lista se encontraron revistas como Ergonomics, AppliedErgonomics, Human Factors, Le TravailHumain, International Journal of Industrial, Ergonomics y Human Factors and Ergonomics in Manufacturing entre otros, las cuales son grandes contribuyentes al tema de investigación (D. R. Smith, 2010).



#### 1.3.6.2. Criterios de inclusión

Se incluyeron aquellos documentos en los que se ha encontrado algún tipo de ocurrencia del trastorno Musculo-esquelético de extremidad superior relacionado con el trabajo, o la exposición laboral a factores de riesgo asociados a dichos trastornos. También fueron incluidos todos los documentos donde incluye alguna intervención entendiendo por esta última como un cambio en cómo se ejecuta un trabajo con el objeto de reducir la demanda física, psicosocial o cognitiva que este impone en el trabajador. Dichos cambios podían estar relacionados con el proceso de producción, con programas de prevención o con la administración y gestión de la empresa.

#### 1.3.6.3. Criterios de exclusión

Se excluyeron aquellos estudios en los cuales la población estudiada no correspondía a empleados o trabajadores, o donde el trastorno musculo-esquelético no correspondía al miembro superior. Así mismo, se delimitó la búsqueda en términos agrícolas donde inicialmente se revisó el panorama global del macro sector y posteriormente se realizó una decantación enfocada exclusivamente al sector floricultor.

#### 1.3.6.4. Extracción de datos

La extracción de resultados bibliográficos se enfocó en aquellos relacionados con el objeto de este estudio, es decir, MSDs de la extremidad superior (brazo, codo, antebrazo y manos) o con los factores de riesgo biomecánicos asociados a los MSDs. Algunas veces, la información debió ser extraída de artículos acompañantes que no hacen parte del objeto de esta investigación, esto debido a que para el sector industrial escogido para esta investigación se ha evidenciado poca información indexada.

Dos vías fueron trabajadas de manera paralela en la extracción de datos de artículos diferentes, en primera medida, se ocupó de extraer datos de artículos que probaron relaciones o intervenciones de tipo físico en la mejora de los MSD y de manera alterna, se ocupó de extraer datos de artículos que probaron algún tipo de relación de ingeniería, incluyendo herramientas y métodos de trabajo.

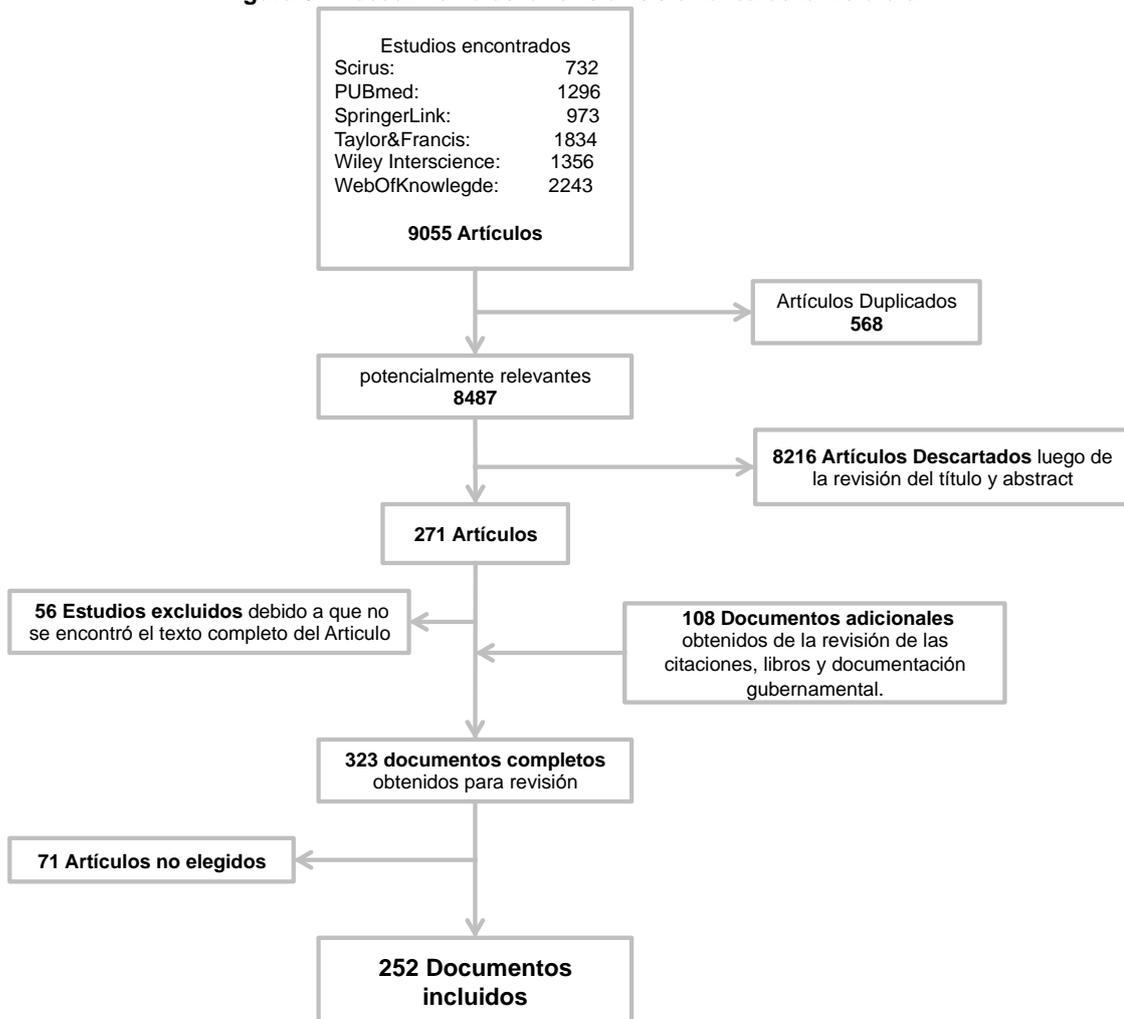
Finalmente se ha adoptado un procedimiento para la selección de la información, esta selección ha contado con criterios como la duplicidad de documentos en las diferentes bases de datos, exclusión de información una vez leído el título y el resumen o por la carencia del



texto completo del documento; la inclusión de documentación proporcionada por asociaciones, organizaciones gubernamentales, libros y todo tipo de información que no se haya incluido en las bases de datos (ver

Figura 3). Los estudios no tuvieron ningún tipo de restricción de fecha de publicación. Al final se obtuvo una revisión sistemática de la literatura y que se encontrara acorde con los objetivos del estudio (da Costa & Ramos, 2010).

**Figura 3.** Procedimiento de la revisión sistemática de la literatura



Adaptado de: Risk Factors for Work-Related Musculoskeletal Disorders: A Systematic Review of Recent Longitudinal Studies. [Review]. da Costa, B. R., & Ramos, E. (2010).

Con esto, el documento de la presente investigación se encuentra soportado por una revisión de aproximadamente 252 documentos referencia que han sido incluidos en esta revisión sistemática a fin de corroborar o debatir las diferentes teorías existentes relacionadas con la organización del trabajo y la prevalencia de los WRMSDs.



# Capítulo

## 2

### Sector Floricultor Colombiano

#### **2.1. Descripción del sector**

- 2.1.1. Área de producción
  - 2.1.1.1. El producto (la rosa)
  - 2.1.1.2. Distribución de la zona de cultivo
  - 2.1.1.3. Equipos y herramientas
  - 2.1.1.3. El personal
- 2.1.2. Áreas apoyo a la producción

#### **2.2. Justificación del sector**

- 2.2.1. Justificación del producto (la rosa)
- 2.2.2. Justificación de la zona geográfica



## Antecedentes

La Floricultura en la región andina Colombiana tuvo sus inicios como parte de un proceso global de reubicación de las industrias de mano de obra intensiva hacia países que contara con mano de obra más económica (Korovkin & Sanmiguel, 2007). Inicialmente, a mediados del siglo XX, la producción estadounidense de flores se encontraba concentrada en los estados del noreste, especialmente Massachussets, Pennsylvania y Nueva York. En ese entonces los cultivos se ubicaban muy cercanos a los principales centros de consumo, debido al carácter perecedero del producto, sin embargo, las innovaciones logísticas ocurridas en la década de los cincuenta y los sesenta reestructuraron el mercado estadounidense de flores; el transporte aéreo y el transporte terrestre refrigerado permitieron la deslocalización de empresas que iniciaron procesos de cultivo en regiones que representaran ventajas comparativas en términos de productividad y costos de mano de obra (Quiroz, 2001).

En este contexto, surgió Colombia como productor de flores a nivel mundial. Diversos factores se enlazaron para ello, pues no sólo era relativamente más sencillo establecer cultivos, sino también realizar todo el proceso productivo de las flores, esto debido a los bajos costos de la mano de obra, ya que el salario de un trabajador agrícola equivalía a un poco más de medio dólar; hacia el año 1966 el salario había aumentado a 82 centavos de dólar el día, mucho más económico en relación con el sueldo de los trabajadores estadounidenses (USD \$16.03 el día) (Castro, 2008).

Desde los primeros años de la década de 1960 hasta 1978 el sector se caracterizó por poseer pocas empresas concentradas en flores como crisantemos, pompón y clavel, con tecnología llave en mano, caracterizado por la asistencia técnica extranjera debido a la incipiente experiencia local y por lo cual se dieron los primeros pasos al entrenamiento de profesionales nacionales. Entre los años 1978 y 1990, se desarrolló un incremento importante en la producción de rosas, un cultivo mucho más exigente en tecnología y capital, lo cual conllevó a una adaptación de las tecnologías existentes, una preparación de mayor rigurosidad para los técnicos nacionales y una asistencia técnica compartida entre extranjeros y nacionales (The World Bank & Mendez, 1991);(ASOCOLFLORES, 2008).

Desde 1990 a la fecha, el periodo es caracterizado por la diversificación de la producción (se empieza a exportar más de 50 especies), el incremento de empresas y hectáreas sembradas, nuevas exigencias para el mercadeo de productos novedosos como los bouquets o arreglos florales. Además en esta época se incrementó el interés de las universidades por los temas de



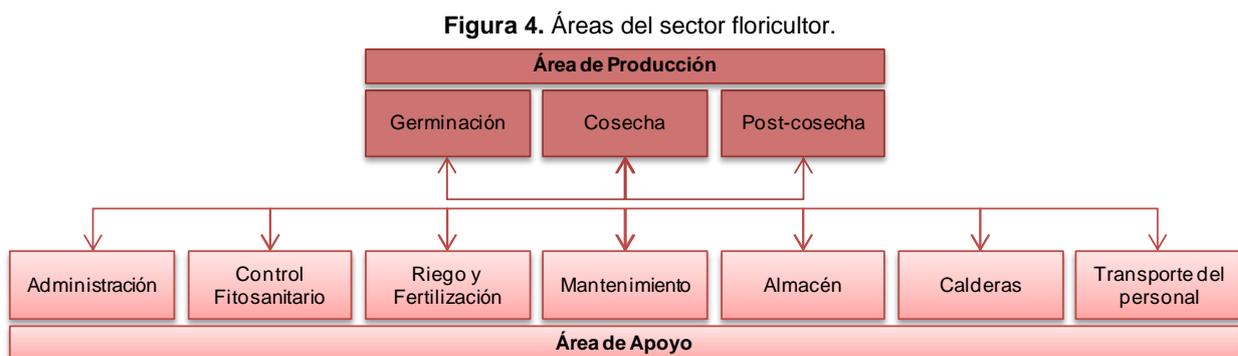
investigación del sector y se incrementó la asistencia técnica nacional (The World Bank & Mendez, 1991).

## 2.1. Descripción del sector

El presente capítulo ha recopilado las principales connotaciones referentes al sector floricultor, en donde describe las áreas que lo conforma, las especificaciones del producto incluyendo los factores de éxito para su crecimiento, las herramientas que se utilizan y los diferentes aspectos a tener en cuenta para una mayor comprensión del sector escogido para esta investigación; así mismo se ha revisado la evidencia estadística a manera de justificación para ser tenida en cuenta como foco de estudio.

Actualmente las flores Colombianas ocupan un lugar destacado dentro de las preferencias del consumidor internacional por su alta calidad, colorido, belleza, tamaño y variedad, lo que le ha permitido a este sector defender y ampliar sus nichos en mercados muy competitivos, como el estadounidense y el europeo, además de introducirse en los mercados ruso y asiático (ASOCOLFLORES, 2008).

Toda planta de producción de flores está constituida por dos áreas bien definidas, las áreas de producción y apoyo en el proceso de producción, en ellas se centra todo el negocio de las flores en Colombia (ver Figura 4).



Adaptado de: Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. Instituto de Seguros Sociales (ISS). Repertorio de Factores de Riesgo Ocupacional y Medidas de Control Sector Floricultor. Castro, (2008).

### 2.1.1. Área de producción

Son aquellas dependencias en donde se desarrollan los procesos relacionados con el crecimiento de las flores; esta inicia desde la germinación, pasando por el cultivo o cosecha hasta el empaque que se realiza en la postcosecha.



**Figura 5.** Diagrama de bloques del proceso de germinación



Adaptado de: Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. Instituto de Seguros Sociales (ISS). Castro. (2008).

Luego los esquejes son sembrados en bancos de enraizamiento, lugares adecuados para su desarrollo por medio de abonos y fertilizantes. Finalmente se coloca en la zona de cultivo que es la porción de tierra en la que se construyen los invernaderos (ver Figura 5).

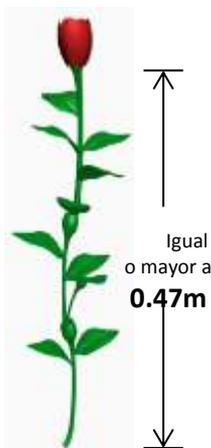
Germinación: Es un proceso que se realiza a través de la siembra de plantas madres, que son plantas con calidad genética garantizada, de donde se obtienen los esquejes para

Cosecha: La cosecha es donde se organizan las camas (ver sección 2.1.1.2. Distribución de la zona de cultivo) para la siembra y producción de flores; esta producción esta descrita por tareas relacionadas al control de hierbas, la poda o programación de corte, la selección y corte de la rosa, el desbotone, descabece, enmalle, desenmalle, el escarificar, el pinche de basales, riego de plantas y el despatrone de la rosa junto a actividades de apoyo como el control de la iluminación, sacar la basura y mantenimiento de las camas entre otras. Toda la descripción de las actividades de cosecha está referenciada en la sección 6.1 de este documento.

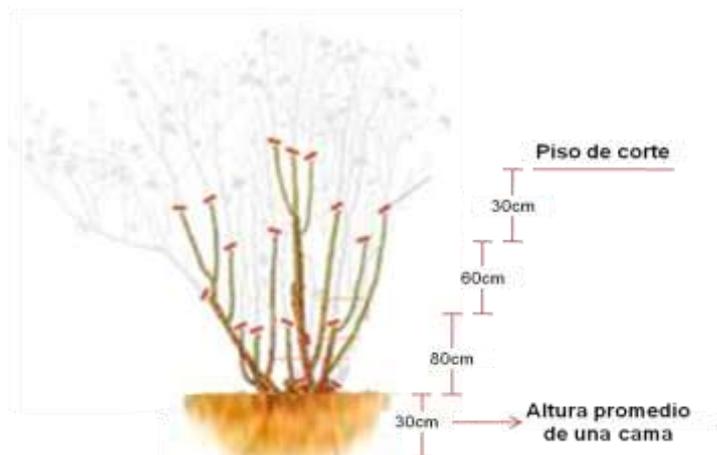
### 2.1.1.1. El producto (la rosa)

Las rosas son extensamente el tipo de flor más popular del mundo. Existe una diversidad enorme en cuanto a su color, tamaño, y fragancia, lo que permite seleccionar este producto para cada ocasión y propósito.

Las especificaciones técnicas de la rosa para que esta sea exportable es determinado por el largo del tallo, su verticalidad, su vida en florero y el punto de corte. De esta manera, el tallo debe



**Figura 6.** Especificaciones técnicas de la rosa



estar sano y contemplar tamaños iguales o mayores a 47cm; con un piso de corte que determina el corte final del tallo, donde ha crecido la flor que pasará a post-cosecha. El piso de



corte se realiza aproximadamente a un rango de altura entre 1.75 y 2m, esto depende en gran parte de la altura de la cama y de la altura de los cortes preliminares, estos últimos normalmente se realizan cuando el tallo ha alcanzado distancias de 80cm, 60cm y 30cm de largo respondiendo justamente la verticalidad del producto tal como se muestra en la Figura 6. Así mismo, es necesario garantizar que la duración en el florero deba ser de aproximadamente 10 días y finalmente determinar que la flor se encuentre en el punto de corte idóneo, es decir que si la flor está muy cerrada puede ser que se cabecee y si está muy abierta simplemente no se recibe. Todas estas especificaciones representan los requerimientos de calidad solicitados por el cliente.

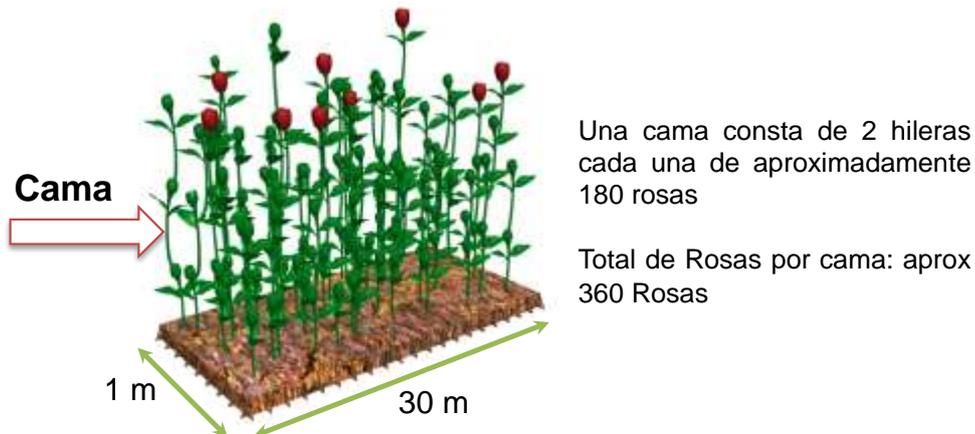
Una producción de buena calidad se consigue normalmente por factores de crecimiento, tales como la manipulación de la luz, el agua y la temperatura. La luz es el factor de crecimiento que influye en la temperatura y en la forma de riego, desafortunadamente también es el factor que menos se puede controlar con mayor precisión que la existente. De igual manera, el agua toca una parte importante en el proceso de asimilación, en el transporte de azúcares y nutrientes, y en el sistema refrescante de la planta. Una planta consiste por encima del 90% de agua. Es importante entonces que la planta tenga buena captación del agua, para ello existen los procesos naturales o la captación de agua también puede mejorarse aplicando directamente en la planta (la irrigación del goteo). Es por ello que aunque las actividades de riego y bajar cortinas (ver sección 6.1.1) no se involucran directamente con la manipulación directa de la rosa, si son actividades alternas que permiten obtener una rosa de calidad y con las especificaciones mencionadas con anterioridad.

#### 2.1.1.2. Distribución de la zona de cultivo

Según la asociación Colombiana de flores ASOCOLFLORES, en Colombia para el 2010 se han registrado aproximadamente 6800 hectáreas destinadas al cultivo de flores, estas hectáreas están organizadas por camas, naves y bloques distribuyendo así el producto en el entorno que lo conforma. Las rosas están cultivadas sobre una porción de tierra denominada camas, cada cama posee unas dimensiones de 30m de largo por 1 m de ancho, y en esta áreas se cuenta con aproximadamente entre 350 y 370 rosas distribuidas en dos filas tal como lo muestra la Figura 7. De esta manera se obtiene un aprovechamiento mayor a una fila sencilla debido a que el recorrido por las camas se puede realizar a lado y lado si una cama está al frente de la otra obteniendo diferentes formas de organización del trabajo que dependerá exclusivamente de cada finca.

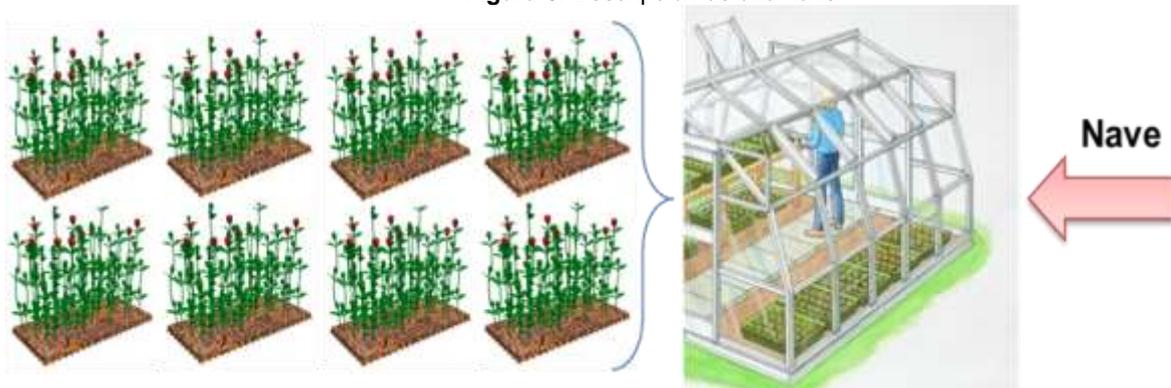


Figura 7. Descripción de una cama



De igual manera, estas camas son organizadas de modo uniforme en lo que se denomina una nave (ver Figura 8), la cual consta de aproximadamente 8 camas que normalmente están separadas unas entre sí por caminos cuyo espacio varía entre 40 y 70 cm, el cual solo está establecido para el tránsito de una persona, entre menor sea el espacio entre cama y cama, mayor número de camas se podrán apilar por tanto, este espacio está condicionado por el nivel de producción, sin embargo se debe garantizar que una persona pueda transitar por el lugar pues de no ser así, no es posible el desarrollo de las actividades propias de la cosecha.

Figura 8. Descripción de una nave



Finalmente todas las naves son construidas de manera contigua formando en lo que se denomina un bloque. Así, cada bloque puede albergar aproximadamente entre 20 y 25 naves como se muestra en la Figura 9. Estos bloques deben cumplir unas condiciones mínimas: tener grandes dimensiones (150 x 70 y más), la transmisión de luz debe ser adecuada, la altura tiene que ser considerable, la ventilación en los meses calurosos debe ser buena y aislar las temperaturas frías de la madrugada en el caso de la sabana de Bogotá, donde en algunas épocas del año se puede obtener temperaturas bajo cero en lo que los floricultores lo denominan heladas.



Figura 9. Descripción de un bloque



### 2.1.1.3. Equipos y herramientas

En el uso de los equipos y las herramientas, se debe hacer hincapié en asegurar que las tareas asignadas a los seres humanos se pueden realizar de manera óptima y cómoda (Eastman Kodak Company, 2004). Cada lugar de trabajo por sus características propias puede necesitar un equipo o herramienta que facilite la operatividad de la acción.

**Tabla 2.** Equipos y herramientas manuales utilizadas en el proceso de cosecha de rosas

Tipo de equipo o Herramienta	Descripción	Uso
<b>Rastrillo</b>	Mango de madera con 5 dientes metálicos	Remover Tierra ; Recoger basura; Hacer mezcla abono orgánico
<b>Piqueta</b>	Mango de madera con 2 puntas, una plana y otra fina	Remover tierra; Sacar piedra, troncos y raíces; Abrir huecos y zanjas
<b>Tijera de podar</b>	Mando de madera revestido, dos cuchillas unidas por un tornillo y tuerca	Para cortar tallos, ramas y hojas de las plantas
<b>Pala de transporte</b>	Pala muy pequeña	Sacar plantas de los semilleros y hacer huecos apropiados para el trasplante
<b>Bomba de fumigar</b>	Tanque de aproximadamente 5 galones con manigueta de mochila	Aplicar productos químicos a los cultivos
<b>Carretilla</b>	Dos mangos, una rueda y medio tanque	Transporte de materiales
<b>Regadera</b>	Pequeño tanque con manigueta y orificios	Riego con agua a las plantas del semillero del jardín y las trasplantadas
<b>Escarificador</b>	Mango de madera con 2 dientes metálicos	Remover Tierra y oxigenar

En la

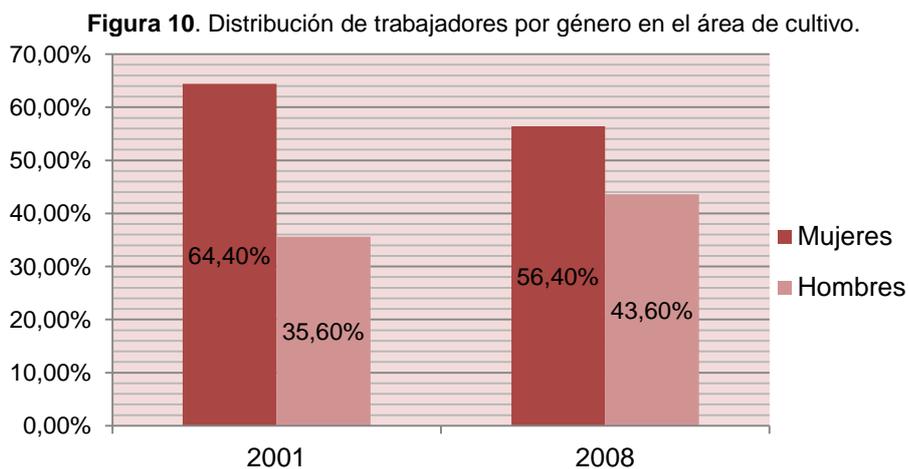
Tabla 2 se ha registrado los principales equipos y herramientas utilizados en el proceso de cosecha de rosas, en la descripción de las tareas, se relaciona de manera específica la función que cumple cada equipo o herramienta sobre la actividad (ver sección 6.1).



#### 2.1.1.4. El personal

La principal característica de la producción de flores es su personal, en donde por lo general las empresas floricultoras contratan personas de la región y cercana a la ubicación de las instalaciones. Para el 2008, según la encuesta de salarios de Colombia, los empleos generados por esta actividad ascienden a un valor aproximado de 219.323 de los cuales son personal directo 120.640 en indirectos 98.683.

En el año 2007, ASOCOLFLORES desarrolló un balance para 80 cultivos, de los cuales el 80% se encuentra en Cundinamarca, aportando sus datos y establecer las cifras referentes a la organización del trabajo del sector floricultor colombiano (Asociación Colombiana de Exportadores de Flores - ASOCOLFLORES, 2008). Estas fincas agruparon 24.173 trabajadores donde inicialmente se sustrajo el perfil del trabajo que incluye género, estado civil, sitio de residencia, antigüedad, escolaridad, edad tipo de vivienda entre otros. De este apartado, se establece aún la predominancia del género femenino frente al masculino (ver Figura 10), siendo este último el que normalmente se encarga de las labores de esfuerzo mayor mientras que el personal femenino es altamente utilizado para trabajo de precisión. Sin embargo, anteriormente, en el 2001 la proporción era distribuida entre un 64,40% para las mujeres y 35,6% para los hombres y ya para el 2008 la participación de los trabajadores encuestados por género presenta un cambio importante en la composición, cada vez es más paritaria, se hace más grande el porcentaje de hombres laborando en los cultivos.

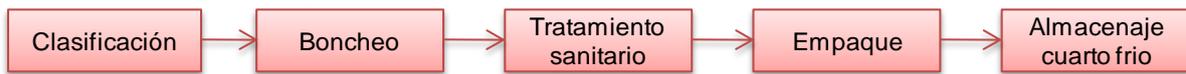


Adaptado de: Balance social del gremio floricultor 2007. Revista de la Asociación Colombiana de Exportadores de Flores. ASOCOLFLORES. (2008).

Post-cosecha: en este proceso se aplica los conceptos de las ciencias físicas y biológicas encaminados hacia el manejo, almacenamiento, conservación, empaquetado y transporte del producto, como su nombre lo indica posteriormente al periodo de cosecha (ver Figura 11).



**Figura 11.** Diagrama de bloques del proceso de post-cosecha.



Adaptado de: Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. Instituto de Seguros Sociales (ISS). Repertorio de Factores de Riesgo Ocupacional y Medidas de Control Sector Floricultor. Castro. (2008).

El diagrama de bloques enseña la secuencia lógica de las operaciones realizadas en la post-cosecha, el cual inicia con la clasificación de las flores, una tarea que se realiza atendiendo criterios ya establecidos para cada flor de forma que se puedan armar ramos homogéneos, luego se realiza el boncheo, en donde una vez armados los ramos, son cubiertos con un capuchón plástico que representa el empaque primario del producto, luego se realiza un tratamiento sanitario en el que se sumergen los ramos en soluciones acuosas que retardan el envejecimiento del producto y previenen la aparición de plagas, posteriormente, se realiza el empaque del ramo en cajas que finalmente son llevadas al cuarto frío para su almacenaje provisional hasta que el producto sea recogido para ser transportado a su lugar de destino.

### 2.1.2. Áreas de apoyo a la producción

Área administrativa: localizada en zonas de oficina; allí se realizan labores de planeación de la producción, coordinación y eficiencia a partir de cálculos de inversiones y rendimientos esperados.

Riego y fertilización: El riego a las plantas se realiza con equipos manuales, como las mangueras, o por goteo en el suelo con instalaciones hidráulicas. Además de agua se utilizan soluciones de fertilización y plaguicidas acordes con cada variedad de las flores sembradas.

Área fitosanitaria: Comprende las actividades de detección temprana de plagas y diagnóstico de enfermedades. En esta área también se encuentran los almacenes de materias primas e insumos, los talleres de ornamentación y ebanistería, las calderas y las zonas de transporte a trabajadores/as.

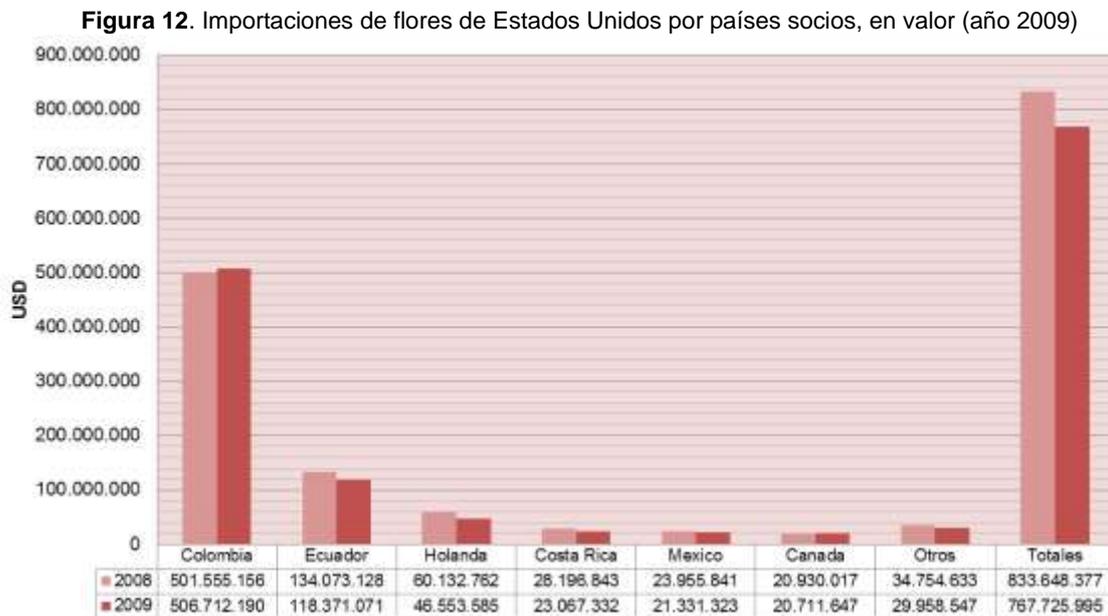
Áreas de saneamiento básico de la empresa: Allí se encuentra el casino, que es un espacio físico con infraestructura adecuada para la preparación y consumo de alimentos. En algunas empresas no existe, en ese caso los/as trabajadores/as llevan los alimentos preparados y los consumen en comedores o áreas verdes sin ninguna adecuación. En el área de saneamiento también se incluyen los lockers, salones para cambio de ropas, duchas, zonas de agua potable y baños.



## 2.2. Justificación del sector

La producción de flores en Colombia se destina principalmente a la exportación, siendo un país que para el año 2010 exportó aproximadamente USD 1240 millones, del cual el 74,9% ha sido destinado a países de América del norte, el 10,1% a Europa y el restante 14% al resto de mercados existentes. Es así como en los últimos años, Colombia, se ha consolidado como el mayor proveedor de flores de los Estados Unidos, siendo este mercado el principal destino de las exportaciones de flores del país.

Como se puede observar en la Figura 12, para el año 2009, Colombia participó con el 66% de la oferta total de flores en el mercado de los Estados Unidos, muy por encima de sus competidores como Ecuador, Holanda, Costa Rica entre otros.



Adaptado de: Noticias Frescas. Segundo trimestre de 2010. Revista de la Asociación Colombiana de Exportadores de Flores. (Asociación Colombiana de Exportadores de Flores - ASOCOLFLORES, 2010).

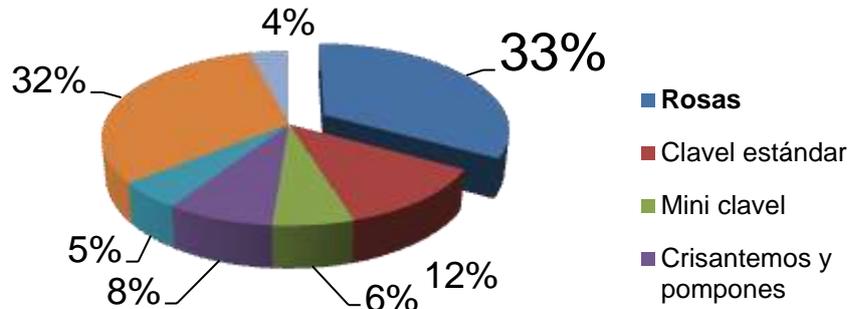
La figura muestra como Colombia fue el único país que proyectó un crecimiento en sus exportaciones entre los años 2008-2009 lo que demuestra la solidez del mercado de importaciones y la confiabilidad que tiene el producto.



### 2.2.1. Justificación del producto (la rosa)

Las rosas y los claveles son los principales productos comercializados, con un crecimiento constante para las rosas siendo este tipo de flor el producto más exportado con un porcentaje del 33% de la totalidad de toneladas exportadas para el año 2010 (ver Figura 13).

**Figura 13.** Distribución de las Flores exportadas en Colombia para el año 2010.



Adaptado de: Noticias Frescas. Segundo trimestre de 2010. Revista de la Asociación Colombiana de Exportadores de Flores. ASOCOLFLORES. (2010).

Entre ellas, rosas, claveles y crisantemos, que representa cerca del 50 por ciento del comercio de flores cortadas.

### 2.2.2. Justificación de la zona geográfica

Colombia está dividida por cinco regiones geográficas las cuales a su vez comprenden de varios departamentos que han sido designados según su geopolítica. Para la producción de rosas se han destacados tres lugares específicos dentro de estas regiones y que son el punto de referencia para el cultivo de este producto. Según la Asociación Colombiana de Exportadores de Flores ASOCOLFLORES, la sabana de Bogotá (ver Figura 14) constituye en la principal zona geográfica donde existen la concentración de zonas de cultivo siendo esta participe de un 76% de la totalidad producida para el año 2009; seguida de la zona Antioqueña con un 19% y finalmente la zona centro/occidente con un 5%. Es de esta manera que analizando la zona geográfica más influyente

**Figura 14.** Ubicación de la Sabana de Bogotá



Adaptado de: Libro de las Flores. Escuela Nacional Sindical de Colombia. (Camacho & Libreros, 2004).



en la producción floricultora, a través de la secretaria distrital de planeación de Bogotá (Cundinamarca) se ha determinado que la sabana de Bogotá en el año 2008 exportó aproximadamente US\$ 1.573.727 (valor FOB en miles), donde la mayor participación es para “las rosas frescas” (ver Tabla 3) seguido de “las demás flores y capullos frescos” y finalmente colocando a “los claveles frescos” entre los cuatro de los cinco primeros productos más exportados por la sabana demostrando así la importancia del sector en la economía de la capital Colombiana (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2008).

**Tabla 3.** Productos más exportados por la administración de aduana (Enero-Julio 2008)

BOGOTA	
VALOR FOB EN MILES DE US\$ (P)	
<b>Rosas Frescas</b>	<b>221.007</b>
Las demás de las demás flores y capullos frescos	180.946
Esmeraldas Trabajadas de otro modo sin engastar montar	104.765
Los demás claveles frescos	94.482
Los demás vehículos de cilindrada > 1500cm3 y < 3000cm3	72.416
Demás productos	900.112
<b>TOTAL</b>	<b>1.573.727</b>

Adaptado de: Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales de Colombia. DIAN. Alcaldía Mayor de Bogotá. (2008)

De ahí, se ha determinado que el presente estudio fuese desarrollado en la sabana de Bogotá atendiendo a la zona donde mayor concentración de hectáreas cultivadas existe para esta actividad económica.



# Capítulo

# 3

Ergonomía y los trastornos musculoesqueléticos relacionados con el trabajo (WRMSD)

## **3.1. Ergonomía**

3.1.1. Definición

3.1.2. Áreas de Especialización

3.1.2.1. Ergonomía cognitiva

3.1.2.2. Ergonomía física

3.1.2.3. Ergonomía organizacional

## **3.2. Trastorno musculoesquelético (MSDs)**

3.2.1. Definición de los MSDs

3.2.2. Clasificación de los MSDs

3.2.3. Trastorno musculoesquelético relacionado con el trabajo

3.2.3.1. Síndrome del Túnel del Carpo (STC) y los factores de riesgo por carga física biomecánica

3.2.3.2. WRMSDs en el sector floricultor Colombiano



## 3.1. Ergonomía

### 3.1.1. Definición

Derivado del griego ergon (trabajo) y nomos (leyes) para designar la ciencia del trabajo (International Ergonomics Association - IEA, 2000), la ergonomía es una disciplina orientada a los sistemas, que se aplica a todos los aspectos de la actividad humana (Eastman Kodak Company, 1983) (Alexander, 1986) (University of Michigan, 1988) (W. Karwowski, 2005). Cualquier definición aceptable de la ergonomía debe enfatizar en la necesidad, de una comprensión entre las personas y sus interacciones así como la práctica en beneficio propio de ambas partes (McCormick & Sanders, 1982) (Edwards, 1985) (Hawkins, 1987). De igual manera, se considera que la ergonomía puede ser una por no decir la única disciplina que relaciona los seres humanos con la tecnología de una manera científica (Meister, 1995) (J.R. Wilson, 2000) (Zink, 2000) (Cacciabue, 2008).

Según el Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional de los Estados Unidos (National Institute for Occupational Safety and Health, 2001), la meta de la ergonomía es encontrar una relación acorde entre el trabajador y sus condiciones de trabajo. La ergonomía examina de manera exhaustiva las capacidades físicas y limitaciones del cuerpo humano en concordancia con las tareas que debe realizar una persona (A Chapanis, 1959) (McCormick & Sanders, 1982) (W. Karwowski, 2005), su entorno de trabajo y aquellas herramientas que utiliza para el pleno desarrollo de su labor (Roussel, Saad, & Erickson, 1991) (S. Konz & Mital, 1990) (A. Mital, 1991) (Kayis & Charoenchai, 2004). La meta es entonces el asegurar que los trabajadores sean productivos, trabajen con comodidad, sin peligro alguno y sobre todo no sufran lesiones (Hal W. Hendrick, 1996).

Así mismo, La Asociación Internacional de Ergonomía (IEA) define la Ergonomía como *“la disciplina científica relacionada con la comprensión de las interacciones entre los seres humanos y otros elementos de un sistema, aplicando principios teóricos, datos y métodos de diseño para optimizar el bienestar humano y el rendimiento general del sistema”*. (International Ergonomics Association - IEA, 2000).

La IEA también enfatiza que los profesionales de la ergonomía, ergónomos, contribuyen a la planificación, diseño y evaluación de las tareas, trabajos, productos, organizaciones, medios y sistemas a fin de hacerlas compatibles con las necesidades, capacidades y limitaciones de las personas.



### 3.1.2. Área de especialización

Para ejercer de manera plena la ergonomía, se debe tener entonces, una comprensión en ciertas disciplinas científicas que han aportado diferentes factores cognitivos, sociales, físicos, organizacionales, ambientales y otros (Murrell, 1965) (McCormick & Sanders, 1982) (Grandjean, 1986) (Dul & Weerdmeester, 1993) (Sanders & McCormick, 1993) (J. R. Wilson & Corlett, 1995) (G. Salvendy, 1997) (A. Chapanis, 1999) (Vicente, 2004) (Stanton, Hedge, Brookhuis, Salas, & Hendrick, 2004) (Gavriel Salvendy, 2006); los cuales no son mutuamente excluyentes y evolucionan de manera constante.

Dentro de esta disciplina, existen entonces ciertas áreas de especialización las cuales evalúan competencias específicas de los atributos humanos o de las características de la interacción humana (International Ergonomics Association - IEA, 2000). A continuación se describen las áreas de especialización más referenciadas en la literatura actual:

#### 3.1.2.1. La ergonomía cognitiva

Se refiere la ergonomía cognitiva, aquellos procesos mentales, tales como la percepción, memoria, razonamiento y respuesta motora, que afectan las interacciones entre los seres humanos y otros elementos de un sistema (International Labour Office, 1986) (Erik Hollnagel, 1997) (Cañas & Waerns, 2001) (Sobeih et al., 2009). Los temas relevantes incluyen la carga del trabajo mental, la toma de decisiones, el desempeño cualificado, interacción persona-computador (Dowell & Long, 1989), la fiabilidad humana, el estrés laboral y la formación, ya que pueden relacionarse con el diseño del sistema humano (International Ergonomics Association - IEA, 2000) (Fafrowicz & Marek, 2007) (Erik. Hollnagel, 2003) (Diaper & Stanton, 2004) (W. Karwowski, 2005).

#### 3.1.2.2. Ergonomía física

La ergonomía física se refiere a humanos características anatómicas, antropométricas, fisiológicas y biomecánicas que se refieren a la actividad física (Fung, 1981) (Chaffin & Anderson, 1993) (Kroemer, Kroemer, & Kroemer-Elbert, 1994) (Pheasant, 1996) (W. Karwowski & Marras, 1999) (National Research Council, 2001). Los conceptos relevantes en esta rama, incluyen los movimientos repetitivos, las posturas en el trabajo, el manejo manual de materiales, los trastornos musculoesqueléticos, el diseño del puesto de trabajo, la seguridad y la salud del trabajador (Tichauer, 1978) (Westgaard & Winkel, 1997) (Carayon & Smith, 2000) (International Ergonomics Association - IEA, 2003).



### 3.1.2.3. Ergonomía organizacional

La ergonomía organizacional se refiere a la optimización de los sistemas socio-técnicos (Holman, Wall, Clegg, Sparrow, & Howard, 2003) (Nemeth, 2004), incluyendo sus procesos, estructuras organizativas (Carayon & Smith, 2000) y políticas (Murphy & Sauter, 2004). Los contenidos de interés incluyen la comunicación, el diseño de los horarios y turnos de trabajo (Monk & Tepas, 1985) (Wergeland et al., 2003), trabajo en equipo, el diseño participativo (Maciel, 1998), la ergonomía de la comunidad, la cultura organizacional (Drury, Broderick, Weidman, Reynolds, & Mozrall, 1999) y la gestión de la calidad (J. A. E. Eklund, 1995).

Partiendo del hecho que el objetivo de la ergonomía es la mejora tanto el rendimiento como en la salud y la seguridad; el concepto de organización del trabajo se encuentra inmerso justo en el centro de esta disciplina (Brown & Hendrick, 1996) (Howard, Spielholz, Bao, Silverstein, & Fan, 2009). Algunas organizaciones del trabajo son más "eficientes" cuando los objetivos de salud y seguridad logran un óptimo rendimiento (Cox & Ferguson, 1994) (J. Eklund, 1997).

La Oficina Internacional del Trabajo (OIT) en su publicación 'Organización del trabajo y la Ergonomía' de 1998, destacó "la importancia de la integración de la ergonomía y la organización del trabajo a fin de lograr mejores condiciones físicas, relaciones sociales y mejores prácticas organizacionales" (Buchanan, Cressey, Hiba, Schmid, & Wilson, 1998). Sin embargo, se asegura que este enfoque requiere un mayor debate, especialmente respecto a su papel en las estrategias de prevención (European Agency for Safety and Health at Work, 1999).

De la misma manera, se considera que inicialmente existía un predominio de los aspectos individuales, físicos y mentales frente a la prevalencia de desarrollar una patología de índole Musculoesquelético (Malchaire, Cock, Piette, & Vergracht, 2001) (Feveile, Jensen, & Burr, 2002) (Treater & Burr, 2004) (Janwantanakul, Pensri, Jiamjarasrangi, & Sinsongsook, 2009); Sin embargo existen estudios como el realizado por la sociedad de profesionales federados de la IEA donde indica que una de las cinco áreas emergentes más importantes de la ergonomía es la aplicación de diferentes **metodologías para cambiar la organización del trabajo y su relevancia frente a los trastornos Musculoesqueléticos de origen laboral** (Carayon & Smith, 2000).



## 3.2. Trastorno musculoesquelético (MSDs)

### 3.2.1. Definición

Los Trastornos Musculoesqueléticos (MSD siglas en inglés) son procesos, que afectan principalmente a las partes blandas del aparato locomotor: músculos, tendones, nervios y otras estructuras próximas a las articulaciones (National Institute for Occupational Safety and Health, 1997) (Occupational Safety and Health Administration (OSHA), 2000) (Melhorn, Wilkinson, & O'Malley, 2001) (Punnett & Wegman, 2004) (Federal Institute for Occupational Safety and Health, 2004) (Waldemar Karwowski, 2006) (European Agency for Safety and Health at Work, 2007) (Schultz, Stowell, Feuerstein, & Gatchel, 2007). Al realizar algunas tareas, se producen pequeños acontecimientos de tipo mecánico tales como estiramientos, roces, compresiones que cuando se repiten durante largos periodos de tiempo, acumulan sus efectos causando una lesión manifiesta. Según el Instituto Regional de Seguridad y Salud en el Trabajo de la comunidad de Madrid España, “estas lesiones se muestran con dolor y limitación funcional de la zona afectada, que dificultan o impiden realizar el movimiento deseado produciendo una incapacidad transitoria o permanente dependiendo de la gravedad de la lesión” (Instituto Regional de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2002).

### 3.2.2. Clasificación de los MSDs

Existen diversas dolencias que se engloban dentro de los MSD. Para ello, se ha determinado las diferentes clasificaciones de estos trastornos (González Maestre, 2007). Existen dos clasificaciones comúnmente nombradas en la literatura, la primera considera el elemento dañado tales como las articulaciones, los elementos periarticulares y los huesos; la segunda clasificación hace referencia a la zona del cuerpo donde se localiza la dolencia músculo-esquelética, es decir, la zona del cuello y hombros; mano y muñeca; brazo y codo; columna y miembros inferiores (ver Tabla 4) (González Maestre, 2007).

**Tabla 4.** Trastornos musculoesqueléticos relacionados con las diferentes zonas del cuerpo

Zona del cuerpo donde se localiza	Trastornos Asociados
<b>Columna vertebral</b>	Hernia discal, Dorsalgia, Lumbalgia aguda, Lumbalgia crónica Lumbago agudo, Lumbo-ciatalgias, Cifosis
<b>Mano y la muñeca</b>	Síndrome de DeQuervain, Síndrome del túnel del carpo, Síndrome del canal de Guyon, Dedo en maza (martillo o garra), Contractura de Dupuytren, Síndrome del escribiente
<b>Brazos y el codo</b>	Epicondilitis, Epitrocleitis, Síndrome del pronador redondo, Síndrome del túnel radial, Tenosinovitis del extensor, Bursitis del codo
<b>Cuello y hombros</b>	Hombro congelado, Síndrome cervical, Síndrome de tensión cervical, Tortícolis



Respecto a los miembros superiores, estos trastornos incluyen términos tales como lesiones por esfuerzo repetitivo, trastorno de trauma acumulativo o síndrome de sobrecarga de trabajo. Estos términos comunes pueden inducir a errores con respecto a los muchos factores que pueden contribuir a la aparición de las condiciones, por lo cual, el término utilizado para esta investigación es trastorno musculoesquelético (MSDs) de la extremidad superior.

### 3.2.3. Trastorno musculoesquelético relacionado con el trabajo (WRMSD)

Según la Organización Mundial de la Salud y literatura referenciada, los trastornos musculoesqueléticos relacionados con el trabajo, surgen cuando se expone al trabajador a actividades laborales y condiciones de trabajo que contribuyan de manera significativa a su desarrollo, pero dicha labor no actúa como el único factor determinante de la causalidad (World Health Organization, 1985) (Peter W. Buckle & Jason., 2002).

Bernardino Ramazzini, considerado como el padre de la medicina ocupacional, publicó en su obra 'De Morbis Artificum Diatriba' (relacionado con las enfermedades de los trabajadores), el estrecho vínculo entre algunos riesgos profesionales y el tipo de trabajo realizado. Describió, por ejemplo, el desarrollo de trauma acumulativo y comenta que estos eventos fueron causados por movimientos repetitivos de la mano, por la postura limitada del cuerpo, y una excesiva tensión mental (Helander, 1997) (Franco, 2001).

Posteriormente se ha asegurado que en ciertas actividades específicas del trabajo, los trastornos musculoesqueléticos se encuentran íntimamente relacionados con esfuerzos referentes a la repetitividad, ejecución de fuerza, las posturas estáticas o inadecuadas (M. Hagberg, 1996) (Peter W. Buckle, 1997) (National Institute for Occupational Safety and Health, 1997) (D. Colombini, 1998) (E. Occhipinti, 1998) y las vibraciones (Silverstein, Stetson, Keyserling, & Fine, 1997) (Li & Buckle, 1999) (Occupational Safety and Health Administration (OSHA), 2000) (Radwin, Marras, & Lavender, 2001) (Rehn, 2004) (Punnett & Wegman, 2004) (Waldemar Karwowski, 2006).

Se asegura que los WRMSD constituyen las condiciones más frecuentes, costosas, e incapacitantes comúnmente investigadas en el lugar de trabajo (Schultz et al., 2007). En Alemania, por ejemplo, los MSDs representan casi el 30 por ciento (28,7 por ciento o al menos 135 millones día) de todos los días de trabajo perdidos por enfermedad. En Holanda, donde los MSDs representan alrededor del 46 por ciento de todas las bajas por enfermedad relacionadas con el trabajo; En Inglaterra alrededor de 10 millones de días trabajados se pierden cada año debido a los WRMSDs (9.862.000) (European Agency for Safety and Health at Work, 2000a).



De esta cifra, cerca de 5 millones comprenden los trastornos relacionados con la espalda (4.820.000); un poco más de 4 millones relacionados con cuello y brazos (4.162.000) y más de 2 millones son causados por trastornos en las piernas (2.204.000). La estimación de los gastos médicos británicos de los MSD relacionados con el trabajo oscila entre £ 84 millones y £ 254.000.000 libras esterlinas. Los costos asociados a problemas de espalda de origen laboral se valoran entre £ 43.000.000 y £ 127 millones, los trastornos de brazos y cuello fluctúan entre £ 32 millones y £104.000.000, mientras que £17.000.000 de £55.000.000 son los gastos de miembros inferiores asociados a los MSD de origen laboral (European Agency for Safety and Health at Work, 2000b). En Gran Bretaña se estima que los costos directos e indirectos asumidos por las empresas debido a los trastornos de miembros superiores son de aproximadamente £5.251 libras esterlinas por cada trabajador lesionado, mientras que cada persona obligada a dejar su trabajo por a una enfermedad relacionada con el trabajo, pierde en promedio £51.000 libras esterlinas antes de la edad de jubilación

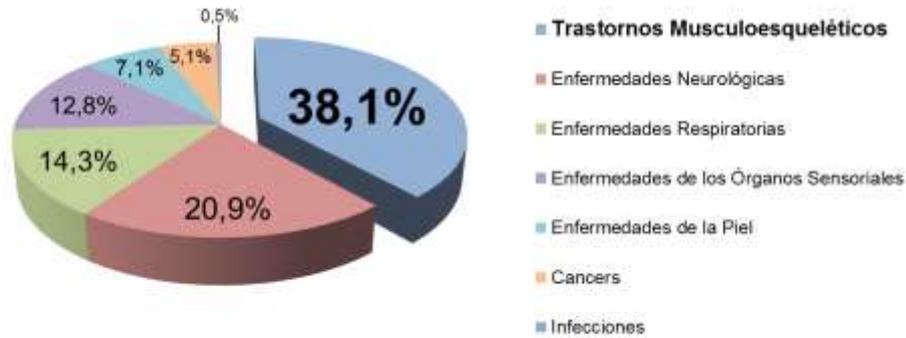
Un estudio nombrado “Regreso al trabajo” dirigido a los trabajadores ausentes por más de tres meses con dolor lumbar en Suecia, Alemania, Dinamarca y los Países Bajos encontró que entre el 37 por ciento (en Dinamarca) y el 73 por ciento (en los Países Bajos) se reintegraron al trabajo después de 12 meses. La mayoría de los trabajadores que se reincorporaron al trabajo después de 12 meses fueron empleados por su antiguo empleador. Así mismo, entre un 19 (en Alemania) y un 38 por ciento (en Dinamarca) de las personas que reanudaron sus actividades laborales después de una ausencia de dos años, se ofrecieron adaptaciones al lugar de trabajo, ya sea con su antiguo o nuevo empleador (European Agency for Safety and Health at Work, 2000b). La mayoría de los trabajadores que volvieron al trabajo después de 12 meses, seguían trabajando dos años más tarde. Muchos de los que regresaron al lugar de trabajo después de dos años, obtuvieron similares o incluso mayores ingresos en comparación a cuando se tuvieron que retirar debido a su enfermedad.

Por su parte Francia ha declarado que los MSDs se han convertido en la mayor categoría de las enfermedades profesionales en dicho país; aproximadamente, el 75% de las enfermedades reconocidas por el Plan General de Salud en 2003 fueron los MSD, y se ha observado una progresión constante del 15% en cada año posterior (Fouquet, Lasfargues, Roquelaure et, & Hérisson, 2005). De igual manera, estos trastornos son la principal causa de ausentismo laboral con periodos que fluctúan entre los dos y cuatro meses para aquellos trabajadores del Plan General de Salud (Vallier, Saba, Ricordeau, Fender, & Allemand, 2004) (Lanfranchi & Duveau, 2008).



En Europa, según las Estadísticas Europeas sobre las Enfermedades Ocupacionales (EODS), en el 2005, los trastornos musculoesqueléticos cubrieron cerca del 39% del total enfermedades relacionadas con el trabajo (Ver Figura 15). Proporción que ha venido en incremento en los últimos años.

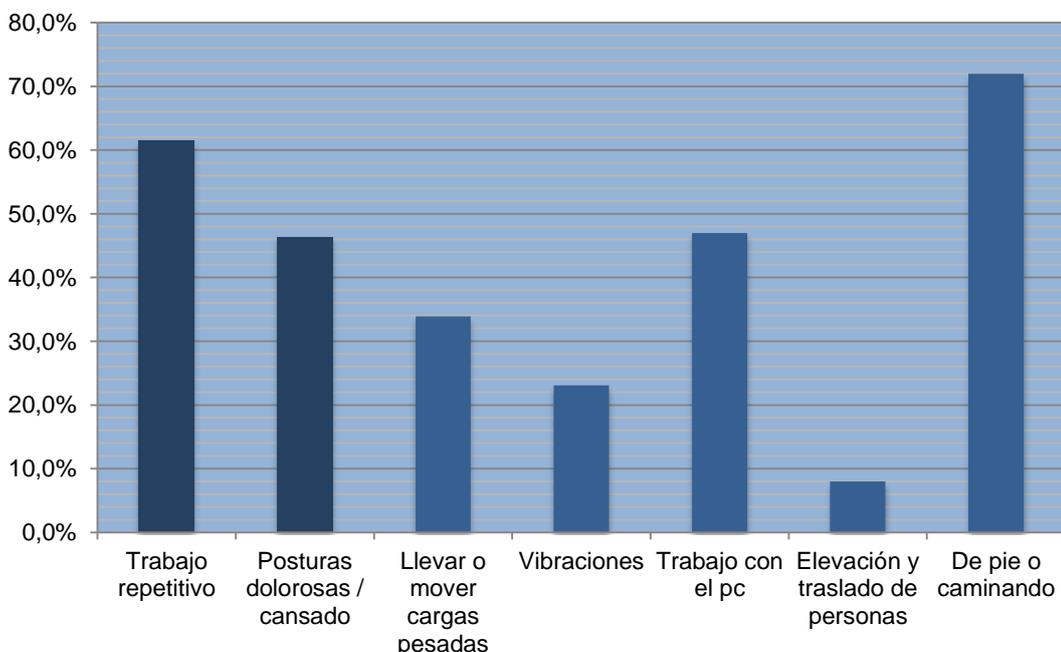
**Figura 15.** Proporción de las enfermedades profesionales



Adaptado de European Occupational Diseases Statistics (EODS)(2005)

Así mismo, según el reporte del Observatorio de riesgo laboral Europeo, el trabajo repetitivo representa el más común e inminente factor de riesgo para desarrollar un trastorno musculoesquelético. Solo para ese mismo año, cerca del 61.5% de los trabajadores de la Unión Europea reportaron haberse expuesto a trabajo repetitivo de miembros superiores al menos un cuarto de toda la jornada laboral. (Ver Figura 16)

**Figura 16.** Los factores de riesgo de los MSDs, Porcentaje de trabajadores expuestos



Adaptado de: Work-related musculoskeletal disorders in the EU — Facts and figures. European Agency for Safety and Health at Work. (2010).

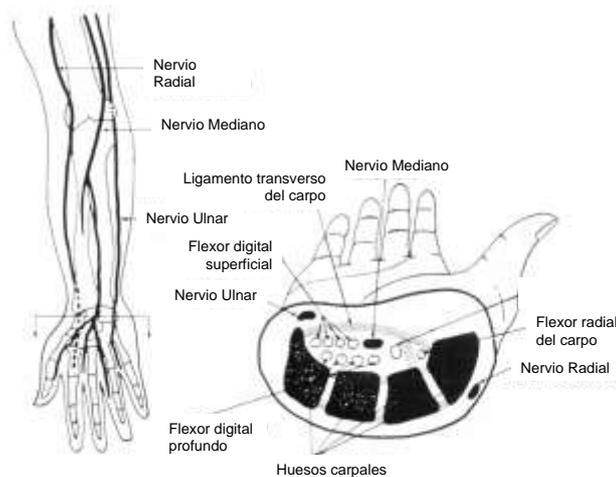


En el 2000, el Departamento de Trabajo de la Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA) ha revelado que los costos asociados a los MSD son superiores a los US\$20 billones cada año en costos de compensación al trabajador, y en promedio para el caso del Síndrome del Túnel del Carpo, al trabajador le toma aproximadamente 28 días la recuperación, ya que es el “tiempo necesario cuando ocurre una amputación o fractura” (Occupational Safety and Health Administration (OSHA), 2000).

### 3.2.3.1 Síndrome del túnel del carpo y los factores de riesgo biomecánico relacionados con el trabajo

El Síndrome del Túnel Carpiano (STC o CTS siglas en Inglés) es una manifestación de la compresión del nervio mediano dentro del túnel carpiano de la muñeca debido al aumento de la presión dentro del túnel (Maghsoudipour & Moghimi, 2008) (ver Figura 17). Dicho trastorno, es una de las neuropatías más comunes por compresión de las extremidades superiores (Aroori & Spence, 2008). Se caracteriza por dolor nocturno, parálisis y debilidad muscular en la zona comprendido por este nervio y aunque pueden estar implicadas las dos manos, generalmente el síndrome se presenta con mayor frecuencia en el miembro dominante (Roel-Valdés, Arizoluque, & Ronda-Pérez, 2006).

**Figura 17.** Anatomía del Túnel del carpo.



Adaptado de la Asociación Americana de Higiene Industrial. (1984)

Descripciones de enfermedades en manos y muñecas debido al trabajo (por ejemplo, "calambre del escritor", "telegrafista", y "Calambre sastre") ya habían aparecido en la literatura médica a principios de 1900. En 1913, Marie y Foix notaron una "lesión" en el túnel carpiano de la muñeca sobre la base de los resultados de una autopsia y fueron los primeros en recomendar la descompresión quirúrgica (Marie & Foix, 1913). En 1938, el término "síndrome del túnel carpiano" se utilizó por primera vez por Moersch (Moersch, 1938) (Kao, 2003).



Sin embargo, la patología no fue bien entendida sino hasta después de que el Dr. George Phalen presentara su experiencia referente al tratamiento de 439 pacientes en la clínica de Cleveland durante los años 1950 y 1960. En dicho estudio, la mayoría de sus pacientes eran mujeres de mediana edad y por lo tanto no trabajaban fuera de casa, el Dr. Phalen concluyó en aquel entonces, que el CTS no era una enfermedad profesional sino una enfermedad de tipo "idiopática" es decir de causa desconocida. Un hecho muy importante en este estudio, sin embargo, concluyó con una afirmación que asegura que la repetitividad, las fuerzas de agarre y los movimientos de las manos parecía agravar los síntomas (Phalen, 1966) (Kao, 2003).

Estudios posteriores referencian los factores por carga física con el CTS ocupacional donde se incluyen la repetición, fuerza, la postura y las vibraciones. La repetición es el factor de mayor reconocimiento frente al CTS profesional. En los estudios epidemiológicos se describe la repetición bajo dos esquemas, ya sea por la frecuencia de la tarea o el porcentaje de tiempo dedicado al trabajo repetitivo; en este caso un trabajo repetitivo alto es definido como aquel que implica el uso iterativo de movimientos incómodos o inapropiados de la muñeca que duran menos de 30seg o más del 50% del tiempo trabajado donde realiza tareas que implican dichos movimientos de la muñeca (Silverstein, Fine, & Armstrong, 1987) (Keyserling, Stetson, Silverstein, & Brouwer, 1993) (Bao, Howard, Spielholz, & Silverstein, 2006).

Estudios experimentales han demostrado una mayor incidencia de CTS en los trabajadores que participan en trabajos altamente repetitivos y que involucran fuerzas excesivas en comparación con los trabajadores que no (Latko et al., 1999). Una fuerte asociación positiva (Odds ratio 6,7) entre los factores y la prevalencia del CTS fue encontrado por Osorio y colaboradores (Osorio et al., 1994) quienes evaluaron la prevalencia del CTS debido a estos dos factores (repetitividad y fuerza) para trabajadores de 56 supermercados.

De igual manera, se ha examinado esta misma asociación en 652 trabajadores de 39 puestos de trabajo para siete diferentes zonas industriales (Silverstein et al., 1987). Se notó una prevalencia del 5,6% entre los trabajadores que realizan trabajos altamente repetitivos y que exigen gran fuerza en comparación con el 0,6% entre los trabajadores cuya exigencia de fuerza y el empleo de movimientos repetitivos eran bajos (Aroori & Spence, 2008).

También se realizaron estudios transversales sobre la prevalencia de CTS entre los trabajadores de las fábricas en Taiwán a principios de 1990 incluyendo el criterio de Velocidad de Conducción del Nervio (NCV) como método de diagnóstico del CTS. Se repartieron 207 trabajadores de plantas de alimentos congelados en 3 grupos en función de la exposición al



grado de repetición en sus ocupaciones y se encontró una fuerte asociación positiva entre el uso repetitivo de la mano y la prevalencia de CTS (Odds ratio 7,40) (Chiang, Chen, Yu, & Ko, 1990).

Los autores demostraron que la ocupación puede ser un factor de riesgo sólo cuando la fuerza y la repetición están presentes. También afirmaron que la alta repetitividad parece ser un factor de riesgo mayor que la fuerza, sin embargo no fue estadísticamente significativa dicha afirmación.

El Instituto Nacional de Salud Ocupacional y seguridad (NIOSH) en su información epidemiológica recopilada hacia el año 1997 indicó que las tasas más altas de prevalencia del CTS se producen en aquellas ocupaciones donde se requiere un intenso esfuerzo manual, como por ejemplo: el empaquetado de carne, el procesado de carne de ave o el ensamblado de automóviles, tareas de agro y floricultura. De igual manera, factores como la aplicación de fuerza en operaciones básicas de duración corta (menos a 10 seg) la escasa de rotación entre las tareas o la falta de pausas fueron asociados con la prevalencia del CTS sin embargo aclara que ninguna postura fue asociada a dicha dolencia.

En un estudio de casos y controles realizado por Armstrong y Chaffin en 1979, se desarrolló una comparación de pacientes con CTS a 18 operadores de máquinas de coser y se señaló que el grupo "casos" donde se utiliza la fuerza de agarre en pinch (la oposición del pulgar y de las articulaciones distales de los cuatro dedos) se ejerce más fuerza que el grupo control (T. Armstrong & Chaffin, 1979). Los autores también observaron que 'los casos' tienden a utilizar posturas forzadas muy a menudo y por lo cual se ejerce más fuerza que en aquellas posturas consideradas como neutras. Se observó que los trabajadores diagnosticados con el CTS habían adoptado posturas con la muñeca desviada con mayor frecuencia que los demás trabajadores, sin embargo, no fue posible saber si la desviación se producía en respuesta a síntomas del CTS o por el contrario la adopción de dichas posturas ocasionaron las lesiones (Aroori & Spence, 2008). Sin embargo, al relacionar este hallazgo con el estudio realizado por la NIOSH en 1997, se evidencia diferencias entre estas dos apreciaciones, esto es debido a que la NIOSH sostiene que no existe información epidemiológica suficiente que involucre la relación de la prevalencia del CTS con las posturas forzadas por si solas, esto puede deberse a la variedad de posturas que adopta el trabajador en su puesto de trabajo y que esto se traduce en una dificultad a la hora de estandarizar, sin embargo concuerdan que la postura se analiza en combinación con el resto de factores de riesgo como la aplicación de fuerzas y los movimientos repetitivos; ante ello es claro que existe una alta evidencia entre la prevalencia del CTS y la combinación de estos factores de riesgo (Silverstein et al., 1987) (Chiang et al., 1990)



(Moore & Garg, 1994) (Osorio et al., 1994) (Latko et al., 1999) (Maghsoudipour & Moghimi, 2008) (Aroori & Spence, 2008). Un estudio realizado concluye que existe una alta relación de los CTS, la adopción de posiciones de la mano doblada y la aplicación de fuerza, en este caso la postura aparece como un factor de riesgo pero no aparece de manera aislada (Tanaka, Wild, Cameron, & Freund, 1997).

Cabe mencionar la existencia de la literatura arbitrada que se refiere a la exposición del trabajador a vibraciones y el desarrollo del CTS, en un estudio realizado en el sector de la silvicultura, se observó que la utilización de sierras con sistemas anti vibración contribuyen a reducir el número de MSDs en los trabajadores (M. Bovenzi, Zadini, Franzinelli, & Borgogni, 1991) (M. Bovenzi, Rui, Versini, Tommasini, & Nataletti, 2004). En este mismo estudio, se ha incluido la variable duración, por lo cual se afirmó que el efecto de la vibración depende en parte al tiempo de exposición, dejando en claro la posibilidad de incluir esquemas de rotaciones en los trabajadores que le permita realizar actividades donde existan una exposición a vibración con trabajos que no; y que esto favorece a la ocurrencia de los MSD causados por las vibraciones al reducirse el tiempo total de exposición (M. Bovenzi et al., 2004) (Maghsoudipour & Moghimi, 2008).

Finalmente, se han identificado características físicas asociadas con los MSD en la mano y la muñeca tales como realizar el trabajo en una posición desviada o doblada de la muñeca, movimientos de torsión durante la mayor parte del día pero de manera sobresaliente las vibraciones de herramientas y máquinas que hacen vibrar la mano, incluyendo así el manejo de las herramientas de mano como factor a ser revisado frente a la prevalencia del CTS (Devereux, Rydsted, Kelly, Weston, & Buckle, 2004).

**Tabla 5.** Nivel de evidencia entre el CTS y los factores de riesgo por carga física

Tipo de Evidencia	Factor de Riesgo
Evidencia	Fuerza: Trabajo cíclico que implican aplicación de fuerza
<b>Evidencia Insuficiente</b>	Postura: Trabajo donde se adoptan posturas forzadas de la mano/muñeca
Evidencia	Repetición: Trabajo cíclico que involucran movimientos repetido de la mano/muñeca
Evidencia	Vibraciones: Herramientas que producen vibraciones en la mano/muñeca
<b>Fuerte Evidencia</b>	<b>Combinación:</b> Combinación de varios factores (fuerza-repetición-postura)

Adaptado de: Musculoskeletal disorders and workplace factors: A critical review of epidemiologic evidence for work-related musculoskeletal disorders of the neck, upper extremity, and low back. NIOSH. (1997).

En resumen, en la Tabla 5, se encuentra el tipo de evidencia con el factor de riesgo biomecánico, en este caso se denomina la fuerte evidencia en la combinación de los factores



como anteriormente se ha mencionado y el grado de evidencia científica sobre el desarrollo de MSD en distintas partes del cuerpo (cuello, cuello/hombros, hombros, codo, mano/muñeca y espalda) (ver Tabla 6)

**Tabla 6.** Hallazgos relevantes de los MSDs en el miembro superior

Miembro Superior	Hallazgos relevantes	Autor, Año de publicación
Cuello	La aplicación de fuerza también parece influir significativamente en el desarrollo de dolencias musculoesqueléticas en el cuello (por ejemplo puede provocar mialgia de trapecio)	(Andersen, 1993)
	Estudio sobre los trastornos del cuello y de las extremidades superiores de las mujeres en la industria del procesado de pescado, afirma que el elevado tiempo dedicado a tareas con una alta repetitividad está claramente asociado con trastornos musculoesqueléticos en el cuello y en los hombros	(Ohlsson, 1994)
	Además se observa que la elevada frecuencia de la repetitividad se asocia con una alta prevalencia de los trastornos musculoesqueléticos (56%), en comparación con frecuencias bajas (26%).	(Hansson, 2000)
	En su análisis sobre los factores de riesgo físicos en la agricultura holandesa y su relación con las bajas por enfermedad debida a MSD, concluye que las dolencias lumbares están relacionadas con las vibraciones en todo el cuerpo y la torsión del tronco, mientras que la repetitividad o las posturas estáticas están relacionadas con la lesiones en la el cuello, hombros y extremidades superiores.	(Hartman, 2005)
	También se ha evidenciado la relación causal entre altos niveles de repetitividad en el trabajo (ciclos de trabajo de menos de 30 segundos) y los MSD en la zona del cuello.	(Rissen, 2006)
Cuello-Hombro	Resume las causas de los MSD en el cuello en: el levantamiento de 6 a 15 Kg. más de 10 veces por hora o levantamientos de hasta 16 Kg., en total, siempre o a menudo con la espalda en posiciones forzadas, trabajar con la cabeza/cuello doblada o torcida excesivamente, trabajar con herramientas o máquinas que produzcan vibraciones, permanecer sentado utilizando un ordenador durante más de la mitad del tiempo de trabajo y estar sentado durante 30 minutos o más sin un descanso mientras se realiza el trabajo.	(Devereux et al., 2004)
	Señala falta de evidencia epidemiológica respecto a la influencia de la aplicación de fuerza o de exposición a vibraciones y los MSD en los hombros. Sin embargo, sí relaciona la aplicación de fuerza con dolencias en la zona de cuello-hombros	(NIOSH, 1997)
Hombros	Dicha relación es mayor cuando se combinan estas posturas forzadas y estáticas con factores físicos como, por ejemplo, el manejo de herramientas sobre la cabeza. Así, por ejemplo, existen numerosos estudios que relacionan la adopción de posturas forzadas con la tendinitis de hombro	(Herberts, 1981)
Codo	Existe evidencia de la influencia de la exposición a la combinación de riesgos (por ejemplo, de fuerza y repetición, o de fuerza y postura) y la epicondilitis o codo de tenista, especialmente si los niveles de riesgo de los factores son altos.	(NIOSH, 1997)
	Estudios posteriores también ponen de manifiesto la inconsistencia de la relación entre la realización de movimientos repetitivos de los brazos (sin aplicación de fuerzas) y la epicondilitis. Por otra parte, la aplicación de fuerza, por sí sola, si es considerada por diversos estudios como posible causa de dicha dolencia].	(Kurppa et al., 1991) (Haahr et al., 2003)
	El reciente estudio realizado en sobre la prevalencia de la epicondilitis y sus determinantes, también concluye que la interacción entre la aplicación de fuerza y la repetitividad de movimientos está estrechamente relacionada con dicha dolencia	(Shir et al., 2006)
	identifica como factores de riesgo físicos relacionados con los MSD en el codo y el antebrazo: las vibraciones de herramientas o máquinas que provocan vibraciones en la mano, movimientos repetitivos del brazo, y realizar el trabajo en una posición desviada o doblada de la muñeca	(Devereux et al., 2004)

### 3.2.3.2. WRMSDs en el sector floricultor Colombiano

A través de la Dirección General de Riesgos Profesionales del Ministerio de Protección Social en Colombia, en el año 2003, las Entidades Promotoras de Salud (EPS) registraron una

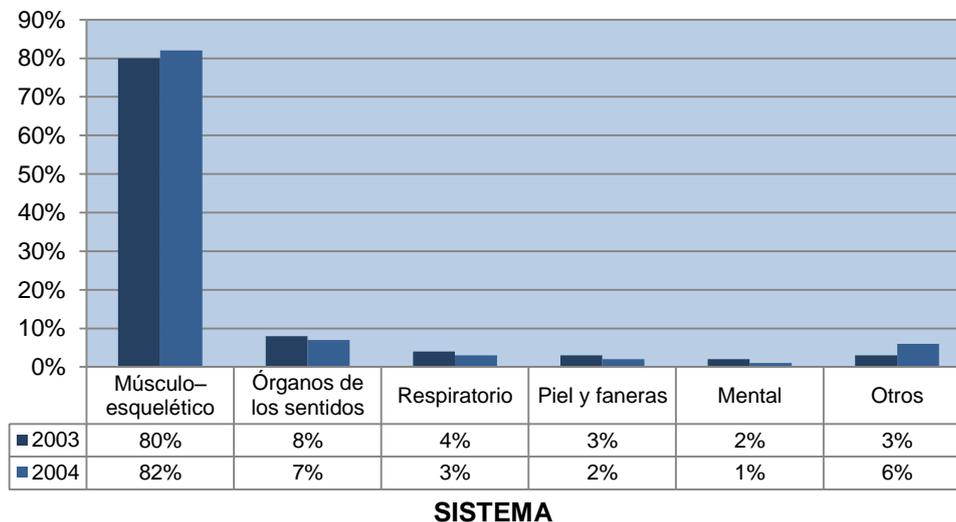


actividad económica referente a los 628 casos de enfermedades relacionadas con el trabajo, es decir, el 27% de la totalidad de los casos inspeccionados en aquel año, mientras que durante el año 2004 el reporte de esta actividad superó los 1.500 casos, es decir, un aumento de hasta un 63% los casos reportados para ese año.

Dichas enfermedades han sido agrupadas por sistemas, siendo el sistema musculoesquelético la mayor causa de enfermedad profesional (EP) representando durante los años 2003 y 2004, el 80% y el 82% de todos los diagnósticos respectivamente. En segundo lugar órganos de los sentidos debido a la hipoacusia neurosensorial, en tercer lugar el sistema respiratorio a expensas de asma y neumoconiosis, ocupa el cuarto lugar piel y faneras merced a las dermatitis de origen ocupacional y en quinto lugar se encuentran las patologías que afectan el sistema mental (ver Figura 18).

El fenómeno más sobresaliente consiste en el incremento constante de los MSD, los cuales pasaron del 65% en el año 2001, al 82% de todos los diagnósticos en el año 2004. Estos MSD afectan básicamente dos segmentos corporales: miembro superior y columna lumbosacra. Dentro de los MSD de miembro superior, al igual que durante los años 2001 y 2002 durante los años 2003 y 2004 el Síndrome del Túnel del Carpo (CTS) continúa siendo la primera causa de morbilidad profesional en Colombia. (Ver Tabla 7).

**Figura 18.** Enfermedades profesionales según sistema afectado. Años 2003–2004



Adaptado de: Dirección General de Riesgos Profesionales. Ministerio de la Protección Social. (2004)

Durante el año 2003 el 30% de los diagnósticos de enfermedad profesional correspondió al mencionado trastorno. Esta cifra crece en el año 2004, cuando el CTS constituyó el 32% de todos los diagnósticos. Es decir, que durante estos cuatro años el CTS se ha convertido en la



primera causa de morbilidad profesional, incrementándose de manera constante al pasar de 27% en el 2001 al 32% de todos los diagnósticos en el 2004.

**Tabla 7.** Diagnósticos de EP de mayor frecuencia. Año 2004.

DIAGNÓSTICO CIE – 10	Número	%
<b>Síndrome del túnel carpiano (CTS)</b>	<b>808</b>	<b>32</b>
Lumbago	371	15
Trastorno de disco intervertebral, desplazamiento de disco	215	8,6
Hipoacusia neurosensorial	157	6,3
Síndrome de manguito rotador	155	6,2
Epicondilitis	132	5,3
Tenosinovitis de estiloides radial (de quervain)	97	3,9
Dermatitis	49	2
Asma	31	1
Cervicalgia	27	1
Otros	455	18
<b>TOTAL</b>	<b>2.497</b>	<b>100</b>

Adaptado de: Dirección General de Riesgos Profesionales. Ministerio de la Protección Social. (2004).

El síndrome del túnel del carpo constituyó la primera causa de morbilidad profesional en los trabajadores afiliados a las Administradoras de Riesgos Profesionales tanto del sector público como del sector privado en el 2005. Así mismo, a través de la Tabla 8 se permite apreciar que la actividad económica que concentró el mayor porcentaje de casos de enfermedad profesional fue la floricultura, seguida por las actividades de comercio al por menor, servicios temporales, prestadores de servicios de salud y en quinto lugar las actividades gubernamentales.

**Tabla 8.** Distribución de las EPs según actividad económica. Régimen contributivo SGSSS. Año 2004.

ACTIVIDAD ECONÓMICA	%
<b>Empresas dedicadas a la floricultura</b>	<b>9</b>
Comercio al por menor	7
Servicios temporales	7
Prestadores de servicios de salud	6
Actividades gubernamentales y de administración pública	5
Empresas dedicadas a la elaboración de alimentos	4
Industria textil	3
Industrias de plásticos y químicos	2
Bancos y actividades financieras	2
Industria metalúrgica	2
<b>TOTAL</b>	<b>47</b>

Adaptado de: Dirección General de Riesgos Profesionales. Ministerio de la Protección Social. (2004)

Lo anterior es conveniente con la caracterización realizada en trabajadores que padecen dicho síndrome de origen profesional, el cual reveló que las actividades económicas más



afectadas por esta patología fueron, la floricultura (32,6%), seguida por actividades del sector público no determinadas (10,6%), sector textil (7%) y sector salud (5,5%).

En el citado estudio, se encontró que en el 77,8% de los casos se refirió como antecedente un solo oficio, en el 20,1% dos oficios y en el 2,1% tres o cuatro. Entre los oficios que se destacan con mayor frecuencia son los de corte en cultivo de flores (30,6%), los relacionados con digitación como secretaria, digitador, cajero o auxiliar (18,2%) y aquellos relacionados con aseo y cocina (9,1%).

*¿Por qué esta magnífica tecnología científica, que ahorra trabajo y nos hace la vida más fácil, nos aporta tan poca felicidad? La respuesta es esta, simplemente porque aún no hemos aprendido a usarla con tino.....*

*Albert Einstein*

# Capítulo

## 4

Métodos de evaluación de los factores de riesgo por carga física biomecánica asociados a los WRMSD

- 4.1. Valoración del riesgo**
- 4.2. Métodos simples de valoración**
- 4.3. Métodos detallados de valoración**
- 4.4. Comparación de los métodos de valoración**



## 4.1. Valoración del riesgo

Uno de los aspectos que contempla la Prevención de Riesgos Laborales (PRL) consiste en la optimización de las condiciones de trabajo; pero para ello, no sólo se debe contar con los medios, métodos y/o técnicas que permiten identificar cuáles son estas condiciones de trabajo, sino que adicionalmente se tiene que valorar su grado de adecuación: desde la identificación de las situaciones más adecuadas dada las condiciones de trabajo, hasta las situaciones o eventos más desfavorables cuyo nivel de modificación depende exclusivamente de la urgencia encontrada (NTP 541)(Instituto Nacional de Seguridad e Higiene del Trabajo).

Hasta hace algunos años, la falta de métodos bien definidos para evaluar la exposición al riesgo por carga física biomecánica era un inconveniente que afectaba la esfera de la ergonomía. Los investigadores han identificado esto como un problema principal asociado con el estudio epidemiológico de los Trastornos Musculoesqueléticos que hasta el momento, en varias ocasiones, no se ha abordado de la manera más adecuada (Fransson-Hall et al., 1995) (Spielholz, Silverstein, Morgan, Checkoway, & Kaufman, 2001).

Ante esto, la Organización Internacional de Estandarización (ISO), ha propuesto algunas normas internacionales que permiten establecer procedimientos para la identificación y valoración de la carga física biomecánica (Ver Tabla 9); de esta manera se permite indagar en temas relacionados con las evaluaciones posturales, el levantamiento, transporte, empuje, tracción y manejo cargas a diferentes ritmos y frecuencias que puedan estar afectando la salud del trabajador.

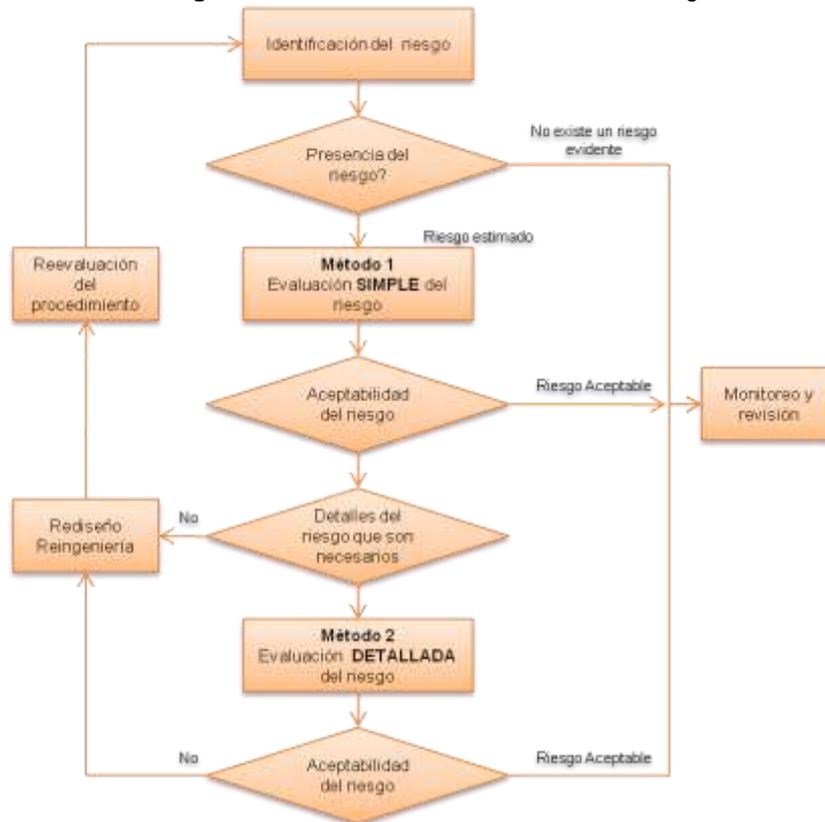
**Tabla 9.** Normas ISO relacionado con la carga física biomecánica

Número de referencia	Título
ISO 11226:2000	Ergonomía: Evaluación de las posturas estáticas en el trabajo
ISO 11228-1:2003	Ergonomía: La manipulación manual de cargas, la parte 1: Levantamiento y transporte
ISO/CD 11228-2	Ergonomía: La manipulación manual de cargas, la parte 2: Empuje y tracción
ISO/CD 11228-3	Ergonomía: La manipulación manual de cargas, la parte 3: Manejo de bajas cargas a alta frecuencia
ISO/TS 20646-1:2004	Procedimientos ergonómicos para la mejora de la carga muscular localizada, parte 1: Directrices para la reducción de las cargas musculares localizadas en el trabajo.

Entre las normas revisadas, la norma ISO/CD 11228-3 involucra la estimación del riesgo a través de diagramas lógicos y cuya finalidad es encaminar al usuario a una toma de decisiones frente a las circunstancias que se presentan en el entorno laboral y los métodos de trabajo que se sugieren utilizar para la debida valoración del riesgo (ver Figura 19).



Figura 19. Procedimiento de evaluación del riesgo



Adaptado de: International Standard Organization. ISO (Norma ISO/CD 11228-3)

Bajo este parámetro, se contemplan cuatro pasos fundamentales relacionados con la identificación, estimación, evaluación y control ante un riesgo presentado. Es así como ante la evaluación del riesgo, existen varios métodos disponibles a fin de valorar la exposición a los riesgos asociados con los trastornos musculoesqueléticos, o la identificación de puestos de trabajo potencialmente peligrosos. Esta evaluación, cuenta con dos etapas de valoración, una evaluación simple y una evaluación detallada del riesgo.

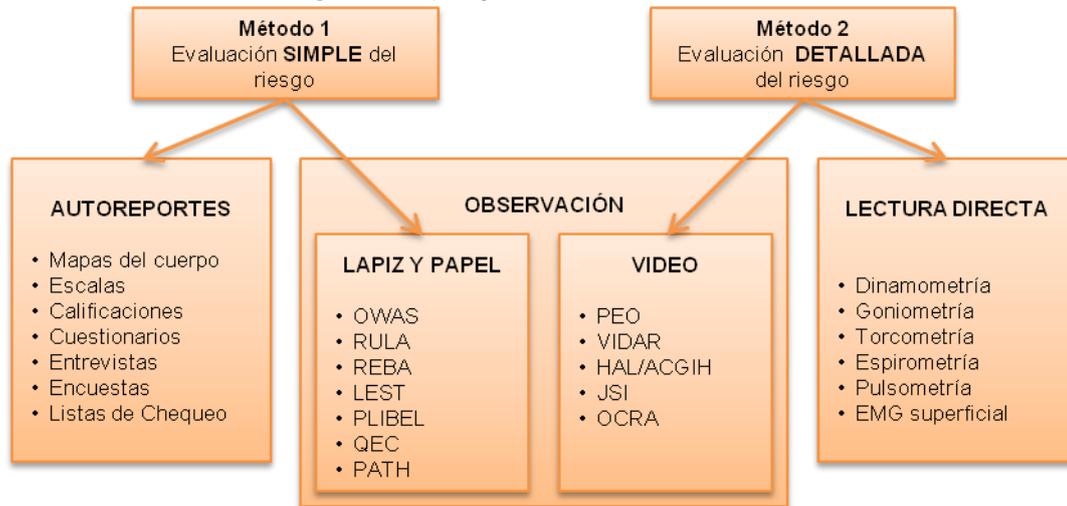
Una amplia gama de métodos han sido identificados, clasificados y utilizados convencionalmente por los principales concedores de la ergonomía (David, 2005). Estos métodos han sido agrupados en tres categorías: autoreportes, observación y lectura directa; las cuales son enumeradas dependiendo de la precisión de la valoración y del porcentaje de participación del trabajador en la captura de la información relacionada.

Al relacionar estas tres categorías con la norma ISO/CD 11228-3, se ha encontrado que los métodos relacionados con la evaluación simple del riesgo (ver Figura 20), incluyen los autoreportes y métodos de observación que se denominan de lápiz y papel; y la evaluación detallada del riesgo está conformada con aquellas valoraciones que involucran otros métodos



de observación relacionados con el video como insumo principal y finalmente los métodos instrumentales o denominados de lectura directa (Li & Buckle, 1999).

**Figura 20.** Tipología de los métodos de evaluación



## 4.2. Métodos simples de valoración

Los métodos simples de evaluación del riesgo han vislumbrado aquellas herramientas sencillas de aplicar y cuyo objetivo principal es realizar un primer acercamiento a la valoración. Como ya se ha mencionado entre estos métodos simples se encuentran autoreportes y otras técnicas de papel y lápiz utilizadas para la observación. Los autoreportes de las actividades en el trabajo son mecanismos empleados para la recolección de datos relacionados a la exposición laboral y han sido probados por muchas personas desde hace ya varios años (Spielholz, Silverstein, & Stuart, 1999). Entre esta metodología se encuentran los cuestionarios, entrevistas, calificaciones, escalas, índices y mapas del cuerpo humano que permiten indicar las molestias sufridas por el trabajador.

Los métodos de observación denominados “lápiz y papel” son aquellos cuyo insumo principal está dado por la observación y una lista de chequeo o algún formato donde se registra la información observada para que la información obtenida permita evaluar el potencial de los factores de riesgo biomecánicos como la postura, la repetitividad y la fuerza en su lugar de trabajo. Esta estimación es a través de tablas preestablecidas o matrices donde el riesgo está presentado en una escala de calificación dependiendo del resultado obtenido.



**Tabla 10.** Listado no exhaustivo de los métodos simples sugeridos norma ISO/CD 11228-3

Método	Descripción	Parte del cuerpo evaluada
<b>OWAS</b>	Análisis de las posturas para los diferentes segmentos corporales y también considera su frecuencia durante un turno de trabajo.	Todo el cuerpo
<b>RULA</b>	Un rápido análisis de las posturas estáticas y dinámicas. Así mismo, considera la fuerza y la frecuencia de la acción: el resultado es una puntuación de exposición que conduce a la clase de medidas preventivas que deben tomarse.	Miembros superiores
<b>REBA</b>	Similar a RULA; sin embargo este método considera todos los segmentos del cuerpo, y tiene en cuenta la manipulación manual de cargas.	Todo el cuerpo
<b>PLIBEL</b>	Lista de chequeo para la identificación de factores de riesgo en diferentes segmentos corporales. Considera las posturas forzadas, movimientos, equipos y otros aspectos organizativos.	Todo el cuerpo
<b>QEC</b>	Método rápido para estimar el nivel de exposición. El método considera diferentes posturas, esfuerzos, carga manipuladas y la duración de la tarea con resultados hipotéticos relacionados a su interacción	Todo el cuerpo
<b>OSHA Checklist</b>	Lista de chequeo propuesta durante la implementación de la norma OSHA (retirada). Considera las posturas forzadas, repetitividad, esfuerzos y algunos aspectos organizativos adicionales.	Miembros superiores
<b>Upper limb expert tool</b>	Método de evaluación de la "carga de trabajo". Así mismo, considera factores como la repetición, la fuerza, posturas forzadas, duración de la tarea y algunos factores adicionales.	Miembros superiores
<b>OCRA checklist</b>	Método semi-detallado que considera, de forma simplificada, los mismos factores de riesgo como el índice OCRA (ver Índice OCRA). Nivel de exposición se clasifica de acuerdo al sistema de tres zonas. Aplicable también a múltiples tareas que involucre trabajos repetitivos.	Miembros superiores

Adaptado de: International Standard Organization. ISO (Norma ISO/CD 11228-3)

En la Tabla 10, se muestra los métodos o herramientas de esta tipología recomendados por la norma ISO/CD 11228-3, estas técnicas especifican el lugar del cuerpo donde es viable su aplicación así como el o los factores de riesgo biomecánicos que evalúan. En este caso, todos los métodos son de tipo cuantitativo a excepción de la herramienta Upper Limb Expert Tool que es de tipo semi-cuantitativo. Respecto al método OCRA-Checklist, tal como lo describe la norma ISO/CD 11228-3, el método es de carácter semi-detallado, sin embargo ha sido incluido en este listado debido a que es un diagnóstico preliminar de valoración frente al índice OCRA que representa un grado mayor de profundización y especificidad; de ahí su denominación como método de observación tipo "lápiz y papel" a pesar que éste utiliza el video como apoyo a la recolección de datos.

Estos métodos simples de valoración tienen la ventaja que aparentemente suelen ser fáciles de usar, aplicable a una amplia gama de situaciones de trabajo y es altamente adecuado aplicar para gran número de sujetos a un costo relativamente bajo (David, 2005).



Sin embargo, este tipo de métodos pueden presentar dificultades de distintos niveles, en el caso de los autoreportes, inconvenientes concernientes al conocimiento de los trabajadores frente a la comprensión o interpretación de la pregunta y en el grado de respuesta a estas mediciones; es por ello que las percepciones del trabajador frente al grado de exposición al que se ve envuelto pueden ser imprecisas y poco fiables (Kivimaki & Lindstrom, 2006). En el caso de los métodos denominados de papel y lápiz, una de las principales dificultades está relacionada con el poco conocimiento del formato que el observador debe rellenar, de no ser clara la lista de chequeo y que el observador puede mal interpretar la información que en realidad se debe obtener.

### 4.3. Métodos detallados de valoración

Los métodos detallados de valoración son aquellos que a diferencia de los métodos simples, necesitan mayor intensidad en su implementación, esto es debido a que estos demandan más tiempo y son menos económicos. Entre estos métodos se encuentran las técnicas detalladas de observación, algunas de ellas emplean el video y otras estudios epidemiológicos como fuente primaria de información. Finalmente los métodos de lectura directa cuya ejecución posee el mayor grado de complejidad de todos los métodos referenciados.

Las técnicas detalladas que emplean video en sus exploraciones, permiten el registro de un tiempo de muestreo que represente la actividad propia de la tarea a evaluar, esta información luego es llevada a un computador donde es procesada y se agiliza la evaluación del factor de riesgo previamente identificado. Esta mecánica acelera el procesamiento de los datos y si además, el factor de riesgo se pretende observar de manera detallada, el tiempo necesario de recolección de datos debe ser significativo, por lo cual, el video es una herramienta ideal debido a que proporciona un registro continuo de datos por el lapso que considere conveniente el observador (Li & Buckle, 1999).

Los métodos que basan su accionar en estudios epidemiológicos, también requieren un nivel de detalle especial, normalmente las herramientas están destinadas a evaluar la tarea de un solo trabajo, pero muchos puestos de trabajo de línea industrial son multi-tarea por naturaleza. Estos puestos de trabajo multi-tarea, presentan un aumento en su nivel de dificultad y es por ello que se utilizan diferentes características del puesto para evaluar el nivel de riesgo existente.

Desde que estos métodos detallados poseen estos beneficios, no es de extrañar que tantos métodos hayan sido desarrollados y publicados en la literatura (Lowe & Krieg, 2009). Ante ello,



en la Tabla 11 se encuentran los métodos recomendados por la norma ISO para la evaluación del riesgo, de estos métodos, existen tres tipos de evaluación en donde se desarrolla de manera detalla los criterios de evaluación del riesgo. Estos métodos son el índice OCRA, el Job Strain Index y el método HAL//ACGIH TLV.

**Tabla 11.** Listado no exhaustivo de los métodos detallados sugeridos norma ISO11228-3

Método	Descripción	Parte del cuerpo evaluada
<b>HAL/TLV ACGIH</b>	Método detallado (trabajo manual de una o varias tareas cuya duración aproximada es de cuatro horas por turno), principalmente basado en el análisis de la frecuencia de las acciones (en relación con el ciclo de trabajo) y de la fuerza máxima, también son considerados otros factores principales.	Miembros superiores
<b>Job Strain Index</b>	Método detallado que está basado en características como la duración del esfuerzo, la duración de la tarea, la frecuencia, la intensidad, la postura y la velocidad de trabajo.	Miembros superiores
<b>OCRA Index</b>	Método detallado que tiene en cuenta los siguientes factores: la frecuencia de las acciones técnicas, la repetitividad, las posturas forzadas, la fuerza, otros factores, la falta de periodos de recuperación y la duración de la tarea repetitiva.	Miembros superiores

Adaptado de: International Standard Organization. ISO (Norma ISO/CD 11228-3)

El Job Strain Índice, es un análisis de trabajo semi-cuantitativo que involucra la medida o la estimación de seis variables: la intensidad del esfuerzo, la duración del esfuerzo por ciclo, numero de esfuerzos por minuto, postura de la mano/ muñeca, velocidad de trabajo, y la duración de la tarea por día. Un número ordinal es asignado para cada variable de acuerdo a los datos de exposición, luego un valor del multiplicador se le asigna a cada variable y posteriormente se obtiene el índice que es el producto de los seis multiplicadores

$$\begin{array}{ccccccc}
 \text{STRAIN} & \text{intensidad} & & \text{Duración} & & \text{número de} & & \text{postura de} & & \text{velocidad} & & \text{duración de} \\
 \text{INDEX} & \text{del} & & \text{esfuerzo por} & & \text{esfuerzos} & & \text{la mano/} & & \text{de} & & \text{la tarea por} \\
 & \text{esfuerzo} & & \text{ciclo (\%)} & & \text{por minuto} & & \text{muñeca} & & \text{trabajo} & & \text{día} \\
 \\
 \text{SI} = & \mathbf{A} & \times & \mathbf{B} & \times & \mathbf{C} & \times & \mathbf{D} & \times & \mathbf{E} & \times & \mathbf{F}
 \end{array}$$

El método denominado HAL//ACGIH TLV, (HAL, nivel de actividad de la mano) creado por la Conferencia/Asociación Americana de Higienistas Industriales de los Estados Unidos; es un método basado en varios estudios epidemiológicos, psicosociales y biomecánicos y cuyo objetivo se basa en la evaluación de puestos de trabajo en el que sólo una tarea repetitiva está presente para 4 horas o más durante el día.

Finalmente el tercer método de observación es el índice OCRA que es la proporción existente entre el número actual de acciones técnicas llevadas a cabo durante un turno laboral y el número de acciones técnicas de referencia; esta evaluación se realiza para cada sección



del miembro superior y es determinado de manera específica bajo la observación minuciosa en el lugar de trabajo.

Con respecto a los sistemas de medición por lectura directa, la Electromiografía (EMG) de superficie, la dinamometría digital y los electrogoniómetros biaxiales, son herramientas que pueden proporcionar una gran cantidad de datos de alta precisión en una amplia gama de variables de exposición, sin embargo, son las más complejas de utilizar debido a que es necesario la instrumentación del trabajador en su actividad habitual y la fijación de los sensores directamente con el ambiente que se pretende evaluar puede dar lugar a malestar y algunas modificaciones en las conductas de trabajo (Chen, Chen, Liang, Chang, & Hwang, 2010). Estos métodos también requieren una considerable inversión inicial de equipos, así como el costo de mantenimiento de los instrumentos y el empleo de personal técnico altamente capacitado y calificado para asegurar su funcionamiento eficaz (Buchholz, Park, Gold, & Punnett, 2008).

En la electromiografía superficial se emplea un electrodo que es colocado en la piel a fin de monitorear la activación muscular de la zona a evaluar. En la ergonomía, normalmente se utiliza para evaluar los grupos musculares activos en diferentes estudios del trabajo a fin de intentar inferir la carga a la que se exponen dichos músculos (Aarås & Ro, 1997) (Grant & Habes, 1997) (Bao, Silverstein, & Cohen, 2001) (Cifrek, Medved, Tonkovic, & Ostojic, 2009) (Gazzoni, 2010).

La dinamometría es una metodología utilizada para evaluar la fuerza ejercida por la contracción muscular, normalmente el equipo utilizado es el dinamómetro y cuando se empuña el dispositivo se logra obtener la fuerza de agarre del participante. En un lugar de trabajo, la captura de las demandas del sistema mano-antebrazo es poco probable de obtener de manera directa, sin embargo a través de estos equipos se logra determinar de manera puntual el valor del agarre el cual es utilizado en la interfaz hombre-máquina para el diseño del puesto de trabajo (Eastman Kodak Company, 2004) (Shim, Kim, Lee, Park, & Lee, 2011) (Weinstock-Zlotnick, Bear-Lehman, & Yu, 2011).

Finalmente la electrogoniometría es una metodología usada para medir ángulos. El instrumento utilizado es el electrogoniómetro y éste se coloca a través de una articulación, como el codo o la muñeca, donde cada parte del instrumento es alineado con los principales huesos ubicados en ambos lados de la articulación. Al cambiar el ángulo de las articulaciones, el instrumento transforma el cambio en una señal eléctrica, que puede ser registrado en todo el ciclo de trabajo para medir la biomecánica de la tarea (Sprigle, Flinn, Wootten, & McCorry, 2003) (Eastman Kodak Company, 2004) (Bell & Stigant, 2008).



#### 4.4. Comparación de los métodos de valoración

Una vez realizada la descripción de todos los métodos de evaluación, se ha propuesto realizar una comparación de estos a fin de establecer sus principales diferencias y facilitar su elección dependiendo de las circunstancias del estudio.

En un estudio realizado por Winkel y Mathiassen (1994), se propuso que la exposición por carga física biomecánica debe ser descrita a partir de sus tres dimensiones principales: el nivel de rigurosidad, la frecuencia y la duración (Winkel & Mathiassen, 1994) (ver Tabla 12). Estas dimensiones deben ser tenidas en cuenta para aquellos trabajadores que han sido evaluados en su lugar de trabajo. Las dimensiones fueron descritas para todos los métodos utilizados en la evaluación del trabajo físico: el autoreporte, la observación y el método de medición directa (Chen et al., 2010).

**Tabla 12.** Comparación de los métodos de evaluación por carga física biomecánica.

Método	Utilidad*	Ventajas	Desventajas
Autoreporte:  - Cuestionarios - Agendas - Entrevistas	Nivel: -  Duración: -  Frecuencia: -	- Ampliamente utilizado en estudios epidemiológicos. - Fácil de usar. - Aplicable a muchos tipos de trabajo.	- Baja confiabilidad y validez. - Afectada por el nivel de alfabetización de los trabajadores, la comprensión o interpretación de la pregunta.
Observación:  - Lápiz y papel - Videos	Nivel: -/+  Duración: +  Frecuencia: +/-	- Permite una evaluación más detallada y reproducible para los estudios de tiempo- movimiento. - Mayor precisión y exactitud de la evaluación sobre el autoreporte. - <b>Apropiado para trabajos con actividades variadas.</b> - Fácil de aprender.	- Puntos de vista paralelos o muy cerrados. - Sesgo del observador. - Efecto en el comportamiento debido a la presencia de la videogradora. - Tiempo para el análisis de datos.
Lectura directa:  - EMG - Electrogoniometría - Dinamometría	Nivel: ++  Duración: ++  Frecuencia: ++	- Monitoreo en tiempo real. - Proporcionar grandes cantidades de datos de alta precisión en una serie de variables de exposición. - Grabaciones almacenadas directamente en el computador para su posterior análisis. - Sincronización con otras medidas.	- Incomodidad en la fijación de los sensores y, posiblemente, algunas modificaciones en el comportamiento durante el trabajo. - Los temas del costo en el campo: la compra de equipos, mantenimiento, personal técnico calificado para garantizar su funcionamiento.

\* -: de poca utilidad; +: de utilidad; ++: de mucha utilidad; +/-: no se puede decidir

Adaptado de: Comparison between Direct Measurement and Observation Methods for Upper Extremity Activity Assessment at Workplace. Chen, (2010).

Como resultado, en general se piensa que el método de observación es el más conveniente y factible en la práctica, mientras que la medición directa es más fiable para la evaluación específica una vez el sondeo preliminar arroje la necesidad de instrumentar al trabajador. Una



ventaja importante que tienen los métodos de observación es la pertinencia para su aplicación en actividades variadas, esta premisa es de suma implicación en aquellos trabajos considerados multitareas donde el trabajador realiza actividades con diferentes cargas biomecánicas (Chen et al., 2010), ante esto, el tiempo de muestreo para la recolección de datos durante el turno debe abarcar el mayor número de actividades registradas en la jornada, y por lo cual, hace de este tipo de métodos una herramienta ideal para esta situación.

En el caso de los autoreportes, se poseen varias desventajas en cuanto a la fiabilidad y entendimiento del método, especialmente por el grado de escolaridad de los trabajadores, que para algunos casos, los trabajos son desarrollados por personas que no poseen el nivel de educación que el autoreporte requiere, debilitando el entendimiento del método e imposibilitando el obtener la información de utilidad (Spielholz et al., 2001) (Koppelaar & Wells, 2005).

En la disyuntiva de la comodidad, es importante puntualizar que el tipo de método de evaluación más adecuado es aquel que se realiza en campo, por tanto, la primera opción es medición directa y los métodos de observación respectivamente, sin embargo, es importante resaltar el costo de la implantación del método y es ahí donde los métodos de observación pueden ser desarrollados con mayor facilidad pues el costo y el tiempo de intervención para aplicar una EMG o de una Electrogoniometría reduce tanto el tiempo como el número de muestras a tomar (Aarås & Ro, 1997).

En definitiva cada método debe ser utilizado dependiendo de su costo de implementación, nivel de precisión, grado de usabilidad y el tamaño muestral de la población objetivo, es por ello que de manera grafica se ha diseñado la siguiente pirámide que ejemplifica esta conglomeración de factores (ver Figura 21) (Van Eerd et al., 2009).

**Figura 21.** Pirámide comparativa de los métodos de evaluación



Para cada investigación se debe definir la metodología de captura de la información, los métodos se pueden utilizar de manera conjunta en una misma investigación donde el proyecto



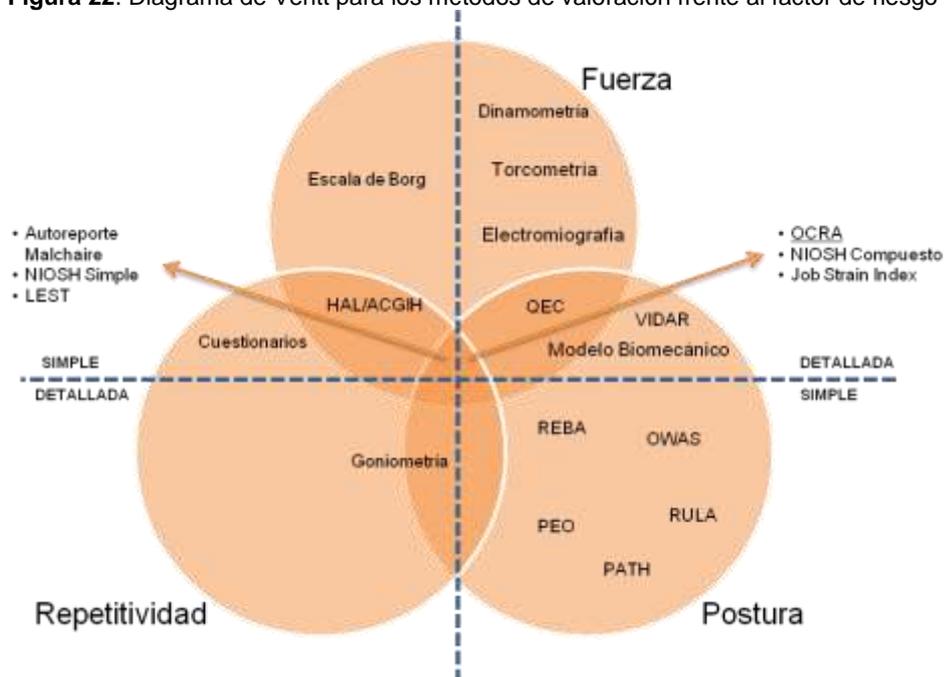
pasa por varias fases y en la medida que el proyecto se intensifica el método tiende a ser más preciso, costoso y un tamaño muestral más específico tal como lo ejemplifica la pirámide (Spielholz et al., 1999).

#### 4.4.1. Clasificación de los métodos de valoración respecto al factor de riesgo

En ocasiones, al identificar un factor de riesgo, no se cuenta con la información necesaria para determinar cuál es método de valoración más recomendado a aplicar. Ante ello, anteriormente se han desarrollado las comparaciones existentes entre los métodos de autoreportes, observación y lectura directa, sin embargo dependerá si dicha valoración se debe realizar de manera simple o detallada.

Para atender a esta inquietud, se ha elaborado el siguiente diagrama de Ventt (ver Figura 22), el cual permite ubicar los principales métodos de valoración dependiendo del factor de riesgo que se necesita revisar e incluye aquellas intersecciones donde el método se puede utilizar para dos o más factores de riesgo. Este diagrama adicionalmente, está compuesto por dos cuadrantes en ambos sentidos a fin de establecer si ese método es de carácter simple o detallado cumpliendo así con criterios, sugerencias y observaciones presentadas en la Norma ISO/CD 11228-3.

Figura 22. Diagrama de Ventt para los métodos de valoración frente al factor de riesgo



Como se puede observar, ante una lista no exhaustiva de revisión, la ubicación de cada método en alguno de los cuadrantes se ha contemplado teniendo en cuenta el factor de riesgo



principal que el método evalúa. Existe una disparidad pronunciada entre la cantidad de métodos simples que evalúan el factor de postura y los métodos comúnmente utilizados para evaluar los factores de fuerza y repetitividad.



# Capítulo

## 5

Organización del trabajo relacionado con los trastornos musculoesqueléticos

**5.1. Factores de la Organización del Trabajo (OT)**

5.1.1. Métodos y Procedimientos

5.1.2. Herramientas

5.1.3. Producto y su entorno

**5.2. Modelo propuesto de la OT y los WRMSDs**

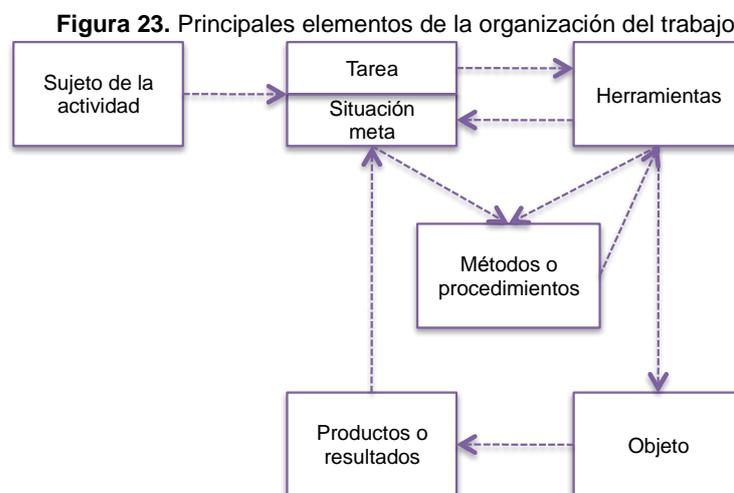


## 5.1. Factores de la Organización del Trabajo

El trabajo es definido como "la actividad coordinada para hacer frente a lo que no se puede obtener en la producción por el estricto cumplimiento de las tareas previstas" (Davezies, 1993) (Lanfranchi & Duveau, 2008). Por tanto, el individuo debe ser capaz de enfrentarse a su situación de trabajo mediante el aumento de los márgenes de maniobra entre sus factores espaciales, temporales y de carácter postural (Coutarel, Daniellou, & Dugué, 2003) (Lanfranchi & Duveau, 2008).

Ante ello, la organización del trabajo es definida entonces como la forma en que se estructura el trabajo (M. Hagberg et al., 1995) (Bailey & Barley, 2005), incluyendo el estilo de gestión, el tipo de producto o servicio, las características de la fuerza laboral, el nivel y tipo de tecnología, y las condiciones del mercado (Carayon & Smith, 2000) (M. G. Wilson, DeJoy, Vandenberg, Richardson, & McGrath, 2004).

Para la organización del trabajo, las actividades desarrolladas pueden ser presentadas como sistemas que consideren elementos estructurados y heterogéneos compuestos por diferentes unidades que admitan la representación de dicha actividad en términos de modelos que permitan la descripción del objeto a ser estudiado (J.R. Wilson, 2000) (Bedny & Karwowski, 2004). La descripción de cada proceso se involucra como un sistema multidimensional que incrementa la aplicabilidad de este enfoque al estudio del trabajo humano (Carayon, 2006). Bajo esta premisa, se ha considerado un esquema que integra el desarrollo de una actividad laboral y los elementos que lo conforman (Yrjö. Engestrom, 2000) (Bedny & Karwowski, 2004) (ver Figura 23).



Adaptado de: Activity theory as a basis for the study of work. (Bedny & Karwowski, 2004).



En este sentido, las tareas son definidas como un sistema organizado de acciones lógicas dirigidas hacia la consecución de una meta final (Bedny & Karwowski, 2004). Estas acciones (denominadas también acciones técnicas) permiten a su vez identificar la fuente primaria de los movimientos requeridos con el fin de determinar el tiempo necesario para llevar a cabo una determinada tarea (D. Colombini, Occhipinti, & Grieco, 2002) (E. Occhipinti & Colombini, 2004). Así mismo, la norma UNE-EN 1005-5:2007 que hace referencia a la seguridad de las máquinas y el comportamiento físico del ser humano, establece en su anexo A, que las “acciones técnicas implican la actividad musculoesquelética de los miembros superiores” y que estas acciones no deberían ser tenidas en cuenta por un solo movimiento articular sino como un movimiento complejo que relaciona una o varias articulaciones y segmentos que permita la realización completa de una tarea simple (E. Occhipinti, 1998) (E. Occhipinti & Colombini, 2004) (Comité Técnico AEN/CTN 81, 2007). Entonces, el mejoramiento de la tarea no es solo la optimización entre las acciones técnicas reales y las acciones técnicas referencia sino que es importante involucrar al sujeto, entendiendo a este último como aquel individuo que lleva a cabo dichos objetivos y las tareas proyectadas en las metas (J.R. Wilson, 2000).

Es por ello que las empresas, en este caso dedicadas a la floricultura, deben contemplar mecanismos que permitan mantener empleados sanos, motivados y cualificados, ya que son ellos los que proporcionan la eficiencia de la producción. Un sujeto frustrado, pasivo, estresado o agresivo está menos inclinado a realizar sus objetivos y, por otra parte, son susceptibles a la enfermedad (Christmansson, Friden, & Sollerman, 1999) (Luczak, Kabel, & Licht, 2006) (Rusli, Edimansyah, & Naing, 2008).

Finalmente, el objeto o producto de una actividad se refiere al ente que ha sido modificado por el sujeto de acuerdo con las especificaciones determinadas por la meta propuesta (Yrjo. Engstrom, 2000) (Bedny & Karwowski, 2004). Para el caso de la floricultura las especificaciones de calidad así como la perdurabilidad de la rosa son muy estrictas; estas especificaciones ya han sido desarrolladas en el capítulo 2 de este documento.

### **5.1.1. Métodos y procedimientos**

El método se relaciona con la capacidad de diseñar, crear y seleccionar la mejor alternativa en que el sujeto deber realizar sus acciones a fin de fabricar el producto demandado (Barnes, 1980) (Lawrence S. Aft, 2001) (Lawrence S. Aft, 2004 ). Para ello, es necesario analizar la operación y desarrollar procedimientos que incluyan el desglosar el trabajo en tareas, examinar cada tarea a fin de determinar el proceso de manufactura más adecuado y económico que



establezca los tiempos mínimos de actuación (A. Chapanis, 1996) (S. Konz & Johnson, 2000) (Castillo, 2001). Tanto los procedimientos como los métodos están íntimamente relacionados, los primeros determinan el orden lógico que se debe seguir en una serie de actividades; y los métodos, indican como efectuar dichas actividades (Lindbeck & Snower, 2000) (Miranda, 2008).

Es entonces, donde a través de los métodos, la organización tiene la posibilidad de realizar controles administrativos a fin de garantizar una optimización de las operaciones realizadas, entre estos controles encontramos factores como la rotación, los descansos, el tipo de remuneración entre otros.

Según el departamento de trabajo de los Estados Unidos, la rotación del puesto de trabajo se define como “El proceso de mover periódicamente los empleados entre los diferentes trabajos o tareas para reducir al mínimo las actividades monótonas y el sobreesfuerzo de los músculos o los tendones” (Occupational Safety and Health Administration (OSHA), 2011). Cuando se diseña un esquema de rotación para aquellos trabajos críticos, existen varios factores que deben ser considerados para asegurar su eficacia (Musliua, G'artner, & Slany, 2002) (Ho, Chang, Shih, & Liang, 2009). Ante ello, un sistema de rotación en el trabajo contempla factores como el tipo de trabajo, número de empleados, y la duración en cada trabajo que garanticen el objetivo trazado al diseñar el esquema (Musliua et al., 2002). Así mismo, existe algunos criterios que normalmente deben ser tenidos en cuenta al momento de decidir cada uno de estos factores, estos criterios pueden ser la producción, la calidad, la exposición a los WRMSDs, la capacitación y los posibles obstáculos de implementación (Wells, McFall, & Dickerson, 2010).

Es evidente que la producción y el mantenimiento de la calidad son las principales prioridades a la hora de ejecutar una rotación que incluya el seleccionar los puestos de trabajo, el número de empleados en cada puesto, y la duración en el esquema de rotación; el poder satisfacer las necesidades de productividad y mantener la alta calidad impulsa normalmente esta selección (Schneider, Davis, & Jorgensen, 2005). Sin embargo, el uso de la rotación en el trabajo como estrategia de intervención para los WRMSDs ha sido sugerido por diferentes agencias responsables de la investigación y la aplicación de este tipo de controles administrativos en pro de la salud y la seguridad (Frazer, Norman, Wells, & Neumann, 2003) (Schneider et al., 2005).

Así mismo, cabe mencionar que estos puestos de trabajo dentro de una rotación descrita, deben usar diferentes grupos de músculos y tendones que permitan el debido descanso y



recuperación. Las tareas deben ser clasificadas en base a parámetros tales como la repetición, la fuerza, y el mantener posturas incómodas durante períodos prolongados (Jorgensen, Davis, Kotowski, Aedla, & Dunning, 2005) (Johansson & Winkel, 2008) (Occupational Safety and Health Administration (OSHA), 2011).

Por otro lado, existen otros factores que también hacen parte de los métodos de trabajo, entre estos se encuentran los descansos y la recuperación. Siguiendo la taxonomía de los tiempos de recuperación propuestos por Sluiter y cols (Sluiter, Frings-Dresena, van der Beeka, & Meijmanb, 2001), existen dos tipos de tiempos de recuperación, los primeros se consideran meta-macro tiempos de recuperación, que se toman fuera del trabajo, es decir, las vacaciones, tiempo libre, horas dedicadas a la vida privada entre otros y los segundos denominados meso-micro tiempos de recuperación que son tomados dentro de la jornada laboral (las pausas de descanso, el inicio y final del turno y el ser capaz de interrumpir la ejecución de la tarea en el momento en que el trabajador lo considere) (van Veldhoven & Sluiter, 2009).

Sin embargo, cuando a los trabajadores se les otorga el control voluntario sobre los descansos, los trabajadores tienden a desarrollar dos situaciones, la primera radica en volver a trabajar antes de una recuperación fisiológica total, esta situación sucede cuando las tareas están concebidas a través de la relación entre el cumplimiento de objetivos y las recompensas por tiempos de ejecución (Faucett, Meyers, Janowitz, & Fathallah, 2007). La segunda situación está relacionada con el exceso de pausas sin justificación, donde el individuo realiza menos actividades asignadas e intenta prolongarlas el mayor tiempo que sea posible durante el turno, lo cual afecta enormemente la productividad de la organización.

Ante esto, estudios previos relacionados con las características de la organización del trabajo, han encontrado que las limitadas oportunidades de descanso y el mal uso de dichos espacios se relacionan significativamente con la prevalencia de los WRMSDs (Faucett et al., 2007).

### **5.1.2. Herramientas**

Otro elemento importante dentro de la secuencia de la actividad son las herramientas, que con su ayuda, el individuo puede transformar el material inicial en el producto final. Estas herramientas normalmente son utilizadas cuando se requiere un trabajo de precisión y de una fuerza considerable para la mano. Estos artefactos pueden ser activados por accionamiento mecanizado (pistolas neumáticas, sierras de cadena, molinos entre otros) o por accionamiento manual (por ejemplo, destornilladores, alicates, llaves, pinzas, tijeras entre otros) (Eastman



Kodak Company, 2004). Las herramientas pueden ser utilizadas de manera ocasional (por ejemplo para accionar una válvula), o todo el tiempo, por ejemplo el proceso de corte de rosas donde las tijeras son utilizadas gran porcentaje de la jornada.

A pesar de las tendencias hacia una mayor mecanización y automatización de las herramientas, muchas industrias y oficios siguen utilizando herramientas manuales sin ayudas mecánicas (Dababneh, Lowe, Krieg, Kong, & Waters, 2004). En el sector floricultor, las herramientas, especialmente las herramientas manuales, son elementos de suma importancia para el desarrollo de las actividades relacionadas con la cosecha de rosas.

Una preocupación importante de las industrias, es la elevada incidencia de lesiones y discapacidades relacionadas con el uso de estas herramientas manuales (Aghazadeh & Mital, 1987) (Kayis & Charoenchai, 2004) (Dababneh et al., 2004) (Kuijt-Evers, Bosch, Huysmans, de Looze, & Vink, 2007). La mayoría de las lesiones relacionadas con el sistema herramienta-mano se puede describir de dos maneras, la primera consiste en un solo incidente agudo provocado por un único uso, o el segundo, un trauma acumulativo como resultado de los esfuerzos excesivos repetidos a largo plazo o el uso indebido que provoque un daño progresivo a los brazos, codo, muñeca, mano, los nervios y tendones (Woodson, 1981) (Canada Safety Council (CSC), 1984) (A. Mital & Sanghavi, 1986) (Dababneh et al., 2004).

Las herramientas manuales sin ayuda mecánica han causado aproximadamente el 80% de todas las lesiones provocadas por herramientas existentes en la manufactura (Kayis & Charoenchai, 2004). En Suecia, el sistema de información de accidentes de trabajo ha determinado que el 32% de todos los accidentes notificados correspondieron a los dedos, manos y muñecas, y el 15% de ellos dio lugar a una incapacidad permanente (Informationssystemet for Arbetsskador (ISA), 1986) (A. Mital & Kilbom, 1992). En Australia, el 22% de los casos de reclamaciones de indemnización de los trabajadores se deben a herramientas de mano sin ayuda mecánica (Worksafe Australia, 1996, 1997). En Tailandia, los casos de lesiones que combina la mano, muñeca, brazo y hombro alcanzaron el 40% de los casos de lesiones profesionales (Social Security Office, 1997).

A pesar de que los principios básicos del diseño ergonómico de herramientas manuales se conocen desde hace varias décadas (Tichauer & Gage, 1977) (Greenberg & Chaffin, 1977a) (Fraser, 1980) (S. Konz & Mital, 1990), se ha prestado muy poca atención a estos principios a la hora de diseñar estos elementos. Algunos estudios presentan los principios biomecánicos para el diseño de herramientas manuales (Chaffin & Anderson, 1984); algunos recomiendan varias maneras de resolver los problemas ergonómicos relacionados con herramientas



manuales (T.J. Armstrong, Radwin, Hansen, & Kennedy, 1986); y otros introducen las directrices con base científica para el diseño, selección y uso de este tipo de herramientas (S. Konz, 1983) (A. Mital & Kilbom, 1992) (Sanders & McCormick, 1993).

A partir de las fuentes descritas anteriormente, es necesario tener en cuenta seis consideraciones para desarrollar un correcto diseño, selección y uso de herramientas manuales (ver Tabla 13), sin embargo, ninguna de estas debe ser abordada por separado, al contrario, es la combinación de estos elementos lo que en definitiva produce la carga biomecánica referente a la herramienta manual (Kayis & Charoenchai, 2004).

**Tabla 13.** Consideraciones para un correcto diseño y uso de herramientas manuales

<b>Factores</b>	<b>Consideraciones</b>
<b>La tarea</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Carga física y biomecánica</li> <li>• Actividad del músculo, ejecución de fuerza</li> <li>• Duración y frecuencia, ritmo de trabajo</li> <li>• Postura y lugar de trabajo</li> <li>• Posturas, movimientos y orientaciones de muñeca, mano y brazo</li> </ul>
<b>El usuario</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Datos de kinesiología</li> <li>• Datos antropométricos</li> <li>• Datos de postura</li> <li>• Usuarios zurdos o diestros</li> <li>• Género, edad, discapacidad</li> <li>• Fatiga muscular</li> </ul>
<b>Características de las herramientas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Especificaciones de la herramientas</li> <li>• Herramientas alternativas</li> <li>• Peso, forma</li> <li>• Rendimiento mecánico, fuerza, torque</li> </ul>
<b>Agarre y manejo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tipo de Agarre</li> <li>• Fuerza, distribución de presión en la mano</li> <li>• Agarre, largo del mango, grosor, tamaño y forma</li> <li>• Gatillo</li> </ul>
<b>Riesgo de lesiones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desorden de trauma acumulativo, síndrome del túnel del carpo</li> <li>• Tipo de accidentes, lesiones</li> <li>• Fatiga y disconfort</li> <li>• Peligrosidad y gravedad</li> <li>• Frecuencia</li> <li>• Duración y naturaleza del trabajo</li> <li>• Parte del cuerpo afectada</li> </ul>
<b>Uso de guante</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Precisión</li> <li>• Usabilidad</li> <li>• Tipo de guante</li> <li>• Comodidad</li> </ul>

### 5.1.3. El Producto y su entorno

Producto es el resultado de la transformación de una materia prima en un objeto que permita el satisfacer la necesidad del cliente. El producto puede ser material, espiritual o estético, etc De hecho, los propios sujetos pueden ser objeto de cambio, como resultado de la actividad. Por esta razón, en una teoría de la actividad, en lugar de tener el producto terminado se puede



encontrar con simplemente un resultado de un proceso. El resultado no siempre coincide con el objetivo de la actividad.

Para el caso de la actividad de cosecha, el producto es un resultado relacionado con las condiciones propias de la rosa para proceder a la actividad de post-cosecha donde se le proporciona un acabado final y posterior empaque, para así, ser transportado a su destino final.

Así, el producto y su entorno deben encontrarse en perfecto estado a fin de realizar las actividades de cosecha con las condiciones previamente establecidas. Es por ello que día a día se ha incrementado la tecnificación del producto, entre las principales técnicas encontramos las alteraciones genéticas del material (Casanova, Trillas, Moysset, & Vainstein, 2005) y los cultivos hidropónicos lo cual permite la modificación de este, tanto en sus características morfológicas como biológicas.

Una de las variables morfológicas que es modificada en la actualidad, es la altura donde se realiza el corte del producto, esta variable no solo contiene una relación con la calidad sino que es una de las características que normalmente se evalúa a la hora de diseñar un puesto de trabajo. En una investigación desarrollada por la Pontificia Universidad Javeriana, se identificó que para el músculo deltoides del brazo dominante, existe una contracción máxima voluntaria (MVC) mayor en aquellas actividades de corte que son realizadas por encima del hombro en relación con las mismas actividades que normalmente se realizan a la altura del codo (Berrio-García, 2011).

## 5.2. Modelo propuesto en la organización del trabajo

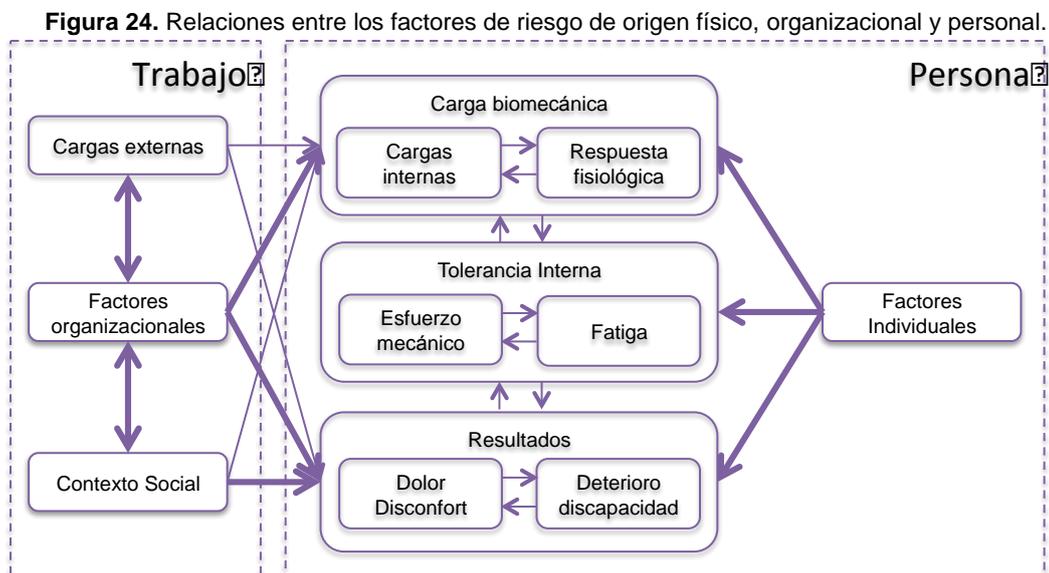
El modelo clásico de organización del trabajo ha sido insuficiente para describir un entorno altamente inestable, con un número creciente de condiciones variables. El modelo convencional describe la organización como un sistema cerrado dividido en sub-sistemas con funciones y actividades específicas que pertenecen a cada uno de ellos. En este modelo no se puede describir el gran número de factores que pueden interferir en una organización, ni la diversidad de elementos y personas que pertenecen a ella (Guio & Mascia, 2009).

De esta manera, el vínculo entre la organización del trabajo y las exigencias físicas se ve reflejado a través de las demandas de la organización. Desde la aparición de la macroergonomía se ha despertado un creciente interés de la organización del trabajo y su relación con los factores de la ergonomía (H.W. Hendrick, 1991; H.W. Hendrick & Kleiner,



2001) (Kleiner, 2006) (Holden, Or, Alper, Rivera, & Karsh, 2008). Esta ergonomía, como se ha mencionado en capítulos anteriores tiene una evidencia ante la prevalencia de los WRMSDs.

Ante ello, algunos investigadores aseguran una interacción multifactorial teórica referente a la etiología de los WRMSD, el cual, involucra conceptos de biomecánica, organización del trabajo, factores psicosociales, el diseño, y los factores personales (Sommerich, Marras, & Parnianpou, 1998). La Figura 24 presenta las posibles relaciones entre estos factores, estos factores pueden reforzarse mutuamente y su influencia también puede estar relacionada con los aspectos culturales o sociales de una organización. La importancia de cada factor, y por lo tanto su contribución al riesgo de los síntomas, varía entre los individuos y los entornos de trabajo (Bongers, Ijmker, van den Heuvel, & Blatter, 2006).



Adaptado de: Epidemiology of work related neck and upper limb problems. Bongers et al. (2006)

Bajo este esquema, el contexto organizacional en que las tareas de trabajo se llevan a cabo, a menudo tiene consideraciones que se relacionan con la carga física y su rendimiento. Factores de la organización tales como horario de trabajo (turnos) y las horas extra laborales han demostrado tener efectos físicos negativos para la salud (Monk & Tepas, 1985); determinando la necesidad de prestar mayor atención a las investigaciones que relacionen la organización del trabajo con la seguridad y la salud en un puesto de trabajo (Sauter, Brightwell, & Colligan, 2002).

De acuerdo a la Figura 24., uno de los componentes de este modelo organizacional entre el trabajo y la persona es la carga biomecánica, donde en relación con la literatura científica, se ha definido que los trastornos musculoesqueléticos no existen sin un esfuerzo biomecánico. Esto parece ser un hecho compartido por todos los autores de la comunidad científica. Pero



¿qué se entiende por los esfuerzos biomecánicos y cuál es su papel en el desarrollo de los MSD? El modelo conceptual básico puede ser visto como un modelo cerrado en donde a nivel fisiológico, el músculo inicia la acción y es el protagonista del movimiento (Aptel & Gaudez, 2003). En esta representación (ver Figura 25), las condiciones de trabajo producen cargas externas, por ejemplo, repetición o la manipulación de cargas pesadas, lo que provocará una reacción muscular, una actividad muscular que se transmite a los tendones y las articulaciones. La transmisión constituye una carga biomecánica interna. Estas cargas internas pueden exceder la tolerancia de los tejidos biológicos generando así molestias y discapacidades que dan lugar a trastornos musculoesqueléticos a medio o largo plazo.

**Figura 25.** Relación entre la biomecánica y la organización del trabajo.



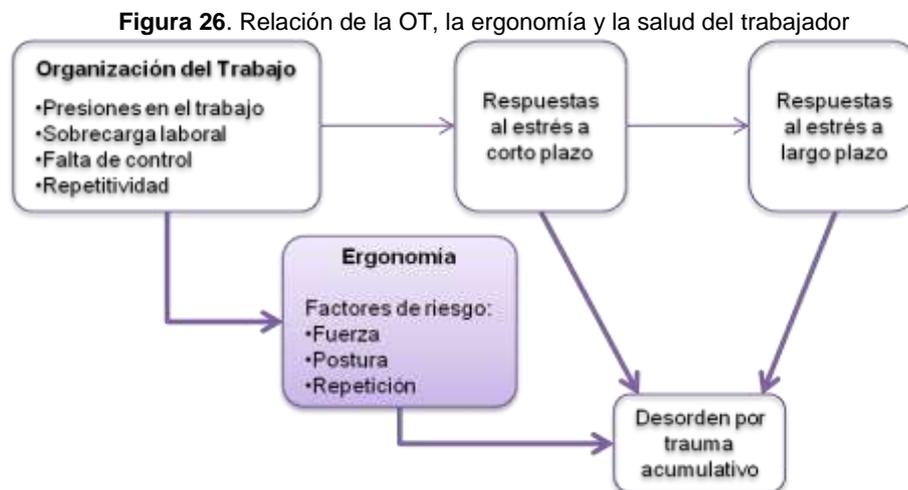
Adaptado de: A method for developing biomechanical profiles of hand-intensive tasks. Sommerich & Marras. (1998)

Así mismo, siguiendo con la Figura 25, varios estudios epidemiológicos han demostrado una correlación entre las posturas inadecuadas y el riesgo de desarrollar trabajos relacionados con los WRMSDs (Aarås, Westgaard, & Strandén, 1988) (de Krom, Kester, Knipschild, & Spaans, 1990) (T. J. Armstrong et al., 1993). Estos estudios han analizado los efectos de la postura sobre la incomodidad, visto como un precursor de lesiones si el trabajo se desarrolla de manera continua, aspecto que está relacionado con la forma en que el trabajo está organizado (Carey & Gallwey, 2005), sin embargo, la evidencia sobre la relación directa entre las condiciones de trabajo y sus efectos sobre la salud hace necesario tener en cuenta las condiciones individuales de trabajo como ya se ha mencionado en su anterioridad (Marklund, Bolin, & von Essen, 2008).

Es por ello que a través de la ergonomía existe un link entre las condiciones de trabajo y la salud del trabajador. La Figura 26 expone este enlace entre los factores a considerar, es decir, como la organización del trabajo puede contribuir a problemas de salud mediante la definición del trabajo y los requerimientos físicos del trabajo. Esto incluye entonces la naturaleza de las actividades de trabajo (variedad o repetición), y las consideraciones ergonómicas tales como el



diseño de estación de trabajo, diseño de herramientas y equipos que establecen los factores de riesgo como las posturas, los esfuerzos y la repetición. Aspectos como la repetición física de una tarea puede ser un predictor importante de diversos trastornos musculoesqueléticos (Silverstein et al., 1987) (Carayon & Smith, 2000).



Adaptado de: Beyond Biomechanics. Psychosocial aspects of musculoskeletal disorders in office work. Moon & Sauter (1996)

Estos factores como conjunto interactúan como un sistema para producir una sobrecarga laboral de la persona que puede conducir a las respuestas frente al estrés ya sea a corto o largo plazo produciendo finalmente un problema de salud a través de un trauma acumulativo.

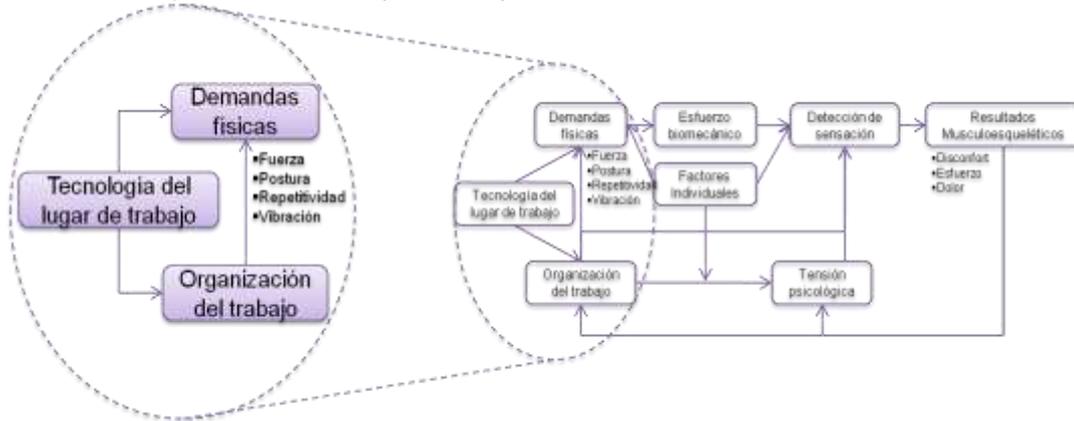
Otro factor que es importante mencionar y que no ha sido citado por los investigadores anteriores, es el nivel de tecnología que es desarrollado dentro de la organización, pues se ha determinado que los trastornos musculoesqueléticos están relacionados con este agente, esto incluye tanto la naturaleza de las herramientas, las características del lugar de trabajo como los procesos de las tareas a desarrollar es decir, su grado de automatización. Bajo este esquema, existen tres sistemas relacionados con nivel de automatización de una tarea, el sistema manual donde la ejecución de las operaciones son realizadas en totalidad por el hombre; el sistema semiautomático donde algunas funciones son ejecutadas por las máquinas bajo el control del hombre y otras por el propio hombre y finalmente el sistema automático donde la máquina realiza toda la operación y la función del hombre esta designada a supervisar y controlar el proceso.

Esto permite crear una conexión entre el trabajador y la máquina que finalmente vincula de manera directa a la tecnología y las exigencias físicas demandadas en la operación descrita bajo los parámetros de la organización del trabajo (ver Figura 27).



Una vez contemplado los principales factores del trabajo que influyen sobre la persona, se puede encontrar con la inquietud y ¿por qué es importante para la organización contar con las condiciones de salud necesarias para que el trabajador desarrolle su trabajo de manera cómoda?

**Figura 27.** La tecnología en el lugar de trabajo y su relación con los WRMSDs



Adaptado de: Beyond Biomechanics. Psychosocial aspects of musculoskeletal disorders in office work. Moon & Sauter (1996)

La respuesta se refleja en la calidad de los productos y servicios que se obtienen del proceso productivo, la mejora de la calidad ha sido un incentivo importante para el desarrollo de la producción industrial en el mundo industrializado desde hace varias décadas. Un punto importante es que las carentes condiciones de trabajo están relacionadas con deficiencias de calidad, y viceversa (Hägg 2003). Por lo tanto, el avance en temas de la ergonomía es una manera de lograr una mejor calidad (J. Eklund, 1997). Cuando los factores de la organización conllevan a las inadecuadas condiciones de salud en el lugar de trabajo, se genera una reacción por parte del trabajador a través de un estado físico, mental y emocional (A. M. Genaidy, Sequeira, Rinder, & A-Rehim, 2009).

**Figura 28.** Relación entre las condiciones de trabajo y la calidad de la producción



Adaptado de: Determinants of business sustainability: An ergonomics perspective. Genaidy. (2009).

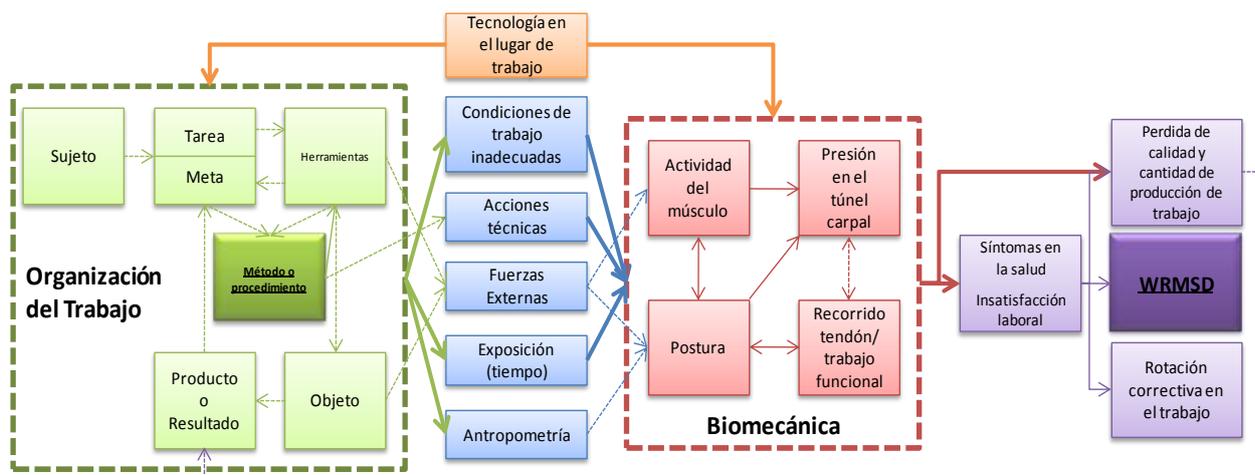


Estos estados conducen a los síntomas de la salud y la insatisfacción en el trabajo (ver Figura 28), que con el tiempo dan lugar a alteraciones de la salud, una modificación en la rotación laboral y una pérdida significativa de la calidad en el sistema productivo; de ahí el compromiso de la organización del trabajo por implementar herramientas estratégicas que garanticen un ambiente saludable y competitivo (Hägg 2003) (A. M. Genaidy et al., 2009).

Finalmente, luego de una revisión de la literatura, se ha propuesto una relación entre los factores de la organización del trabajo y la prevalencia del trastorno Musculoesquelético. En la Figura 29, se modula dicha relación tomando en cuenta varios estudios anteriores donde cada una de las variables son consideradas y en donde los métodos de evaluación permiten establecer puentes entre los conceptos a fin de exponer lo que normalmente ocurre en un puesto de trabajo.

Es así como el modelo parte describiendo la organización del trabajo ya anteriormente concebida por Bedny y Karwowski, sin embargo de manera adicional se involucran algunas variables que permiten relacionar la OT y los aspectos biomecánicos del trabajo, entre estas variables se encuentran la antropometría, la exposición, las acciones técnicas, las condiciones inadecuadas del puesto y las fuerzas externas. Estas variables pueden afectar a toda la estructura biomecánica o de manera puntual a alguna de las variables que la conforman, por ejemplo la antropometría como la disciplina que estudia la medición del cuerpo humano, permite relacionar directamente el sujeto de la actividad con la postura que opta al ejecutar dicha operación; en el caso de la duración de las tareas, estas dan lugar al tiempo de exposición, afectando a la estructura biomecánica a nivel macro.

Figura 29. Modelo propuesto de relación entre la OT y los WRMSDs



Fuente: El autor



De igual manera, las acciones técnicas constituyen una variable que relaciona el estudio de los métodos y procedimientos con la biomecánica del sujeto, dicha situación se presenta dado que en el estudio de métodos, se discrimina los movimientos corporales asociados al cumplimiento de la tarea, sin embargo, en gran parte de la literatura, el estudio de movimientos no es directamente relacionado con el estado biomecánico, aspecto que resuelto con la incorporación de las acciones técnicas propuestas por el método OCRA.

Las fuerzas físicas demandadas por las tareas tienen dos componentes, las fuerzas internas que están relacionadas con la actividad propia del músculo y las fuerzas externas que son aquellos esfuerzos debido a agentes como herramientas o el objeto a ser manipulado. Sin embargo es importante relacionar las fuerzas tanto externas como internas, pues estas permiten determinar la actividad del músculo y la postura del sujeto al desarrollar una actividad designada.

Así mismo, involucrar de manera longitudinal el nivel de tecnología del lugar de trabajo, estos niveles como ya se ha mencionado anteriormente estipula el grado de automatización del lugar, lo que puede alterar el estado biomecánico dependiendo si es un sistema manual, semiautomático o completamente automatizado.

Por último pero no menos importante, relacionar el estado biomecánico con el estado sintomático y productivo, el primero incrementando la prevalencia de los WRMSDs y el segundo modificando la calidad del producto; esta alteración debe ser vista entonces como un insumo que permite evaluar el estado del producto o resultado que es ofrecido, en el momento de la pérdida de calidad, el producto se ve afectado; este empeoramiento se ve reflejado en la meta de la organización y es entonces donde el ciclo debe ser nuevamente repensado para que la organización del trabajo se asuma como parte de la estrategia de una compañía.



# Capítulo

# 6

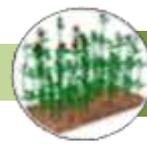
Resultados en el proceso de cultivo de rosas

**6.1. La organización del trabajo en el sector floricultor**

- 6.1.1. Descripción de tareas
- 6.1.2. Herramientas utilizadas
- 6.1.3. Objeto y entorno

**6.2. Resultados método OCRA**

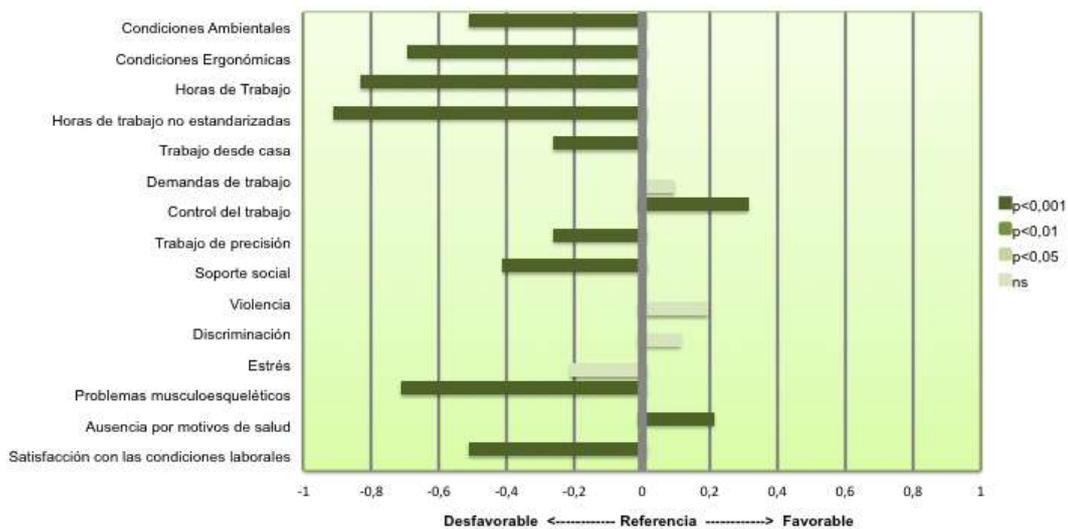
- 6.2.1. Índice OCRA medio
  - 6.2.2. Previsión de WRMSDs
- 



## 6.1. La organización del trabajo en el sector floricultor

Existen diferentes criterios utilizados para revisar la organización del trabajo dentro de este sector en específico. En el 2005, la fundación Europea para las condiciones laborales realizó una encuesta a fin de presentar un panorama general del estado de las condiciones de trabajo e indicar la naturaleza y el alcance de los cambios que afectan a la fuerza de trabajo y la calidad del trabajo, especialmente para los sectores de la agricultura y de la pesca.

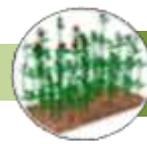
**Figura 30. Condiciones relacionadas con la OT en los sectores de la Agricultura, caza, reforestación y pesca.**



Adaptado de: (European foundation for the improvement of living and work conditions, 2008).

En dicha encuesta, once condiciones de trabajo y cuatro resultados (estrés, trastornos musculoesqueléticos, la ausentismo laboral y satisfacción en el trabajo) fueron evaluados tal como lo muestra la Figura 30. En este caso,  $p < 0,001$  representa el más alto nivel de significación estadística, mientras que  $p < 0,01$  y  $p < 0,05$  indican niveles comparativamente más bajos de la significación estadística, "ns" significa que no existe una diferencia estadísticamente significativa.

En cuanto a estas diferencias estadísticamente significativas, los trabajadores de este sector están particularmente expuestos a riesgos ergonómicos (cansancio o posiciones dolorosas, transportar o mover cargas pesadas, de pie o caminando, y los movimientos repetitivos de mano o el brazo) y, aunque en menor medida, a los riesgos ambientales (la exposición a vibraciones, ruidos, temperaturas altas/bajas, la inhalación de humo, gases, polvo, la inhalación de vapores, manipulación de productos químicos o sustancias).



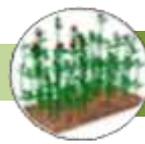
Para este sector, los trabajadores han informado que las condiciones desfavorables están relacionadas con la organización del trabajo en términos de tiempos de trabajo debido a las largas horas de trabajo, la forma de trabajo en horas no normales (el trabajo por la tarde y noche, sábado / domingo de trabajo y más de 10 horas de trabajo al día) y la falta de equilibrio entre trabajo y vida.

La agricultura también se caracteriza por niveles relativamente elevados de trabajo no calificado, la falta de apoyo social (de los colegas y/o jefe), los altos problemas musculoesqueléticos relacionados con el trabajo y una baja satisfacción con las condiciones de trabajo.

Estas mismas condiciones no son ajenas para el ámbito Colombiano, donde existen jornadas extensas de trabajo debido a la temporada en que se encuentren, en alta temporada los horarios pueden oscilar entre 10 y las 14 horas diarias, la alta prevalencia de los MSDs de origen laboral y donde las políticas de salud integral para el trabajador solo son usadas por muy pocas fincas.

Para ello, de manera inicial para el estudio, se ha desarrollado una revisión de los procesos que son llevados a cabo en las empresas a estudiar, haciendo un énfasis principalmente en las características de la organización del trabajo para aquellas tareas relacionadas con la cosecha de la rosa. Entre estas características se encuentran, la duración de la jornada, el sistema de pausas y descansos usados en el turno, el esfuerzo físico demandado, las herramientas utilizadas, el tipo de producto manipulado y las condiciones de entorno necesarias para la ejecución de cada actividad.

Finalmente estos criterios serán usados para la aplicación del método OCRA e identificar puntos clave donde se relacionen las variables asociadas a la organización del trabajo y la prevalencia de los MSDs.



### 6.1.1. Descripción de las tareas desarrolladas en el proceso de cosecha

A continuación se describen las principales tareas relacionadas con el proceso de cosecha.

**Control de Hierbas:** Quitar de raíz todo tipo de maleza ubicado en las camas asignadas, en los caminos entre camas y en los pasillos centrales. Esta limpieza incluye las algas o el musgo que se produce por la humedad a fin de mantener el agua y fertilizantes disponibles exclusivamente para la planta. Esta actividad se hace manualmente (ver Figura 31), asistida ocasionalmente con el azadón como herramienta de trabajo.

**Figura 31.** Ilustración de Control de Hierbas – Despatrone o deschute



**Despatrone o deschute:** Revisar y quitar, en cada cama asignada, el chupón o patrón que se presenta en la corona como en la base de la planta. Además incluye colocar los patrones en el carro de corte y luego depositarlos en bolsas plásticas situadas en el camino central del invernadero o en el carro de basura.

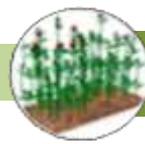
**Poda o programación:** Revisar y hacer cortes de los tallos más gruesos y leñosos, de basales

**Figura 32.** Ilustración de Programación – Corte de rosa (pronación)



y ramilletes en cada cama asignada, con el fin de preparar los tallos para futuras producciones de flores (ver Figura 32). Esta tarea también incluye guardar los tallos en el carro de corte que lleva el trabajador y luego ubicarlos en los centrales del invernadero o en los carros de basura. Por último se incluye en esta tarea dejar el carro de corte limpio y bocabajo en el lugar asignado.

**Basales:** Revisar y eliminar, en cada cama asignada, las yemas que se consideran que están en exceso. Esta actividad se hace después de la programación en corte, con el fin de mantener la calidad de los tallos en camas de producción, especialmente evitar terminaciones improductivas (cicatrices y rodillas).



**Selección y corte de flor:** Seleccionar de cada cama asignada, la flor de punto y cortarla con tijera, respetando los parámetros de corte (dejar tres o cuatro yemas viables), este movimiento puede ser realizado en pronación o supinación según la preferencia del trabajador. En algunos

**Figura 33.** Ilustración de Programación – Corte de rosa (supinación)



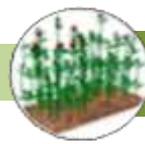
casos se sumerge la tijera en un líquido desinfectante antes de cortar la rosa. También implica colocar la flor (rosa) en el carro de corte, o en la mano, ubicar los ramos de flores en los tabacos, llenándolos con un número similar de flores (las unidades por tabaco oscilan entre 25 – 40) y ubicar los tabacos en su respectivo lugar, en algunos casos en tinas con agua para mantener hidratadas las flores o apiladas dentro del invernadero (ver Figura 33).

**Agobio:** Revisar y seleccionar los tallos más delgados (no útiles para producción) y doblarlos manualmente hacia abajo (sin partirlos), ubicándolos bajo los alambres que atraviesan las camas (sobre la tierra), con el fin de colocar reserva a la planta (ver Figura 34). La cantidad de hojas es un factor determinante para la producción de la rosa. El agobio permite aumentar el área foliar.

**Despeine de tallos:** Revisar y reubicar aquellos tallos que se encuentren fuera de los alambres que corresponden a las dimensiones de la cama asignada (ver Figura 34), así, el tallo vuelve a tomar su recorrido original permitiendo evitar desdoblamientos que perjudiquen el crecimiento de la rosa.

**Figura 34.** Ilustración de Agobio – Despeine de tallos.





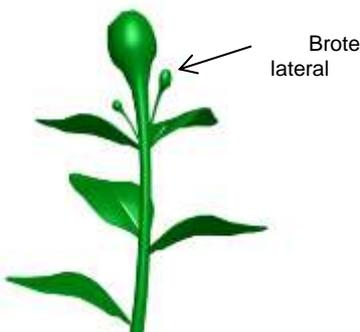
**Erradicación - revisión de plagas y enfermedades:** Revisar hoja por hoja de las camas de las flores y detectar cualquier anomalía, plaga, enfermedad en las hojas. Las hojas que tengan algunos de estas afecciones se retiran y se ponen dentro del delantal del trabajador o en el carrito, para ser retiradas de los invernaderos. Se hacen reportes al supervisor en caso de ser un asunto de gravedad (ver Figura 35).

Figura 35. Ilustración de Erradicación – Desbotone – Descabece.

**Desbotone:** Revisar y quitar manualmente, en cada cama asignada, los brotes laterales que salen de cada arbusto, con el fin de dejar solamente el botón principal (ver Figura 36). Los brotes que fueron desbotonados se depositan en la lona que lleva el trabajador y luego esta se dispone en bolsas plásticas situadas en el camino central del invernadero.



Figura 36. Ilustración Brotes laterales.

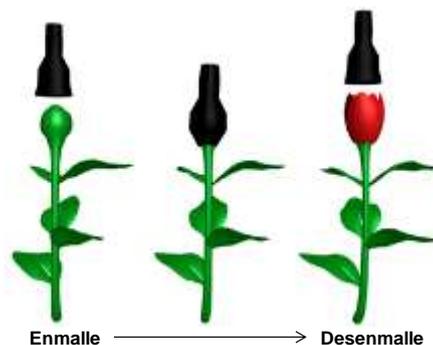


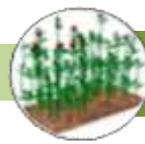
**Descabece:** Revisar y quitar, en cada cama asignada, las cabezas de las flores que ya no cumplen con las especificaciones de la recolección (flores muy abiertas, flores torcidas...etc.). Guardar los botones en la lona que lleva el trabajador y luego depositarla en bolsas plásticas situadas en el camino central del invernadero (ver Figura 35).

**Enmalle:** Colocar una malla a los botones de algunas variedades, con el fin de protegerlos de la luz que altera su color, también para retardar su apertura o para engrosarlos (ver Figura 37)

Figura 37. Ilustración de Enmalle y Desenmalle.

**Desenmalle:** Retirar las mallas de los botones enmalleados de las camas según sea necesario en cada variedad y ubicar las mallas en el delantal de los trabajadores.





**Trinchar o Escarificar:** Aflojar o remover la tierra del suelo, en cada cama asignada, con el fin de airear la raíz de la planta y permitir la entrada de nutrientes y agua, lo que permite que se fortalezcan las raíces.

**Figura 38.** Ilustración de Escarificar o Trinchar.



Para esta labor debe utilizarse el escarificador o trincho (ver Figura 38).

**Barrer:** Barrer entre camas asignadas, con el fin de sacar el material vegetal sobrante de dichos lugares y ubicarlo en los caminos centrales. Para esta labor debe utilizarse la escobilla.

**Figura 39.** Barrer (1) – vista frontal.



Finalmente es necesario seleccionar y separar el material vegetal de otros materiales (madera, alambres, etc.) para depositarlos en botes diferentes (ver Figura 39).

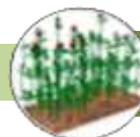
Barrer (2) – vista posterior.



**Riego:** Se realiza un riego con manguera para mantener hidratada la tierra. Por el peso de la manguera y el arrastre de la misma, el trabajador cuelga de su hombro la sección elástica y con el brazo sujeta la sección rígida que normalmente es un tubo de PVC al que se le ha realizado unos orificios para la dispersión de agua (ver Figura 40). El riego con agua entre camas se hace también para disminuir plagas como arañas y otro tipo de fauna presente en el cultivo.

**Figura 40.** Ilustración de Riego.





**Sacar basura:** Recoger en bolsas o canastas las hojas y residuos de las actividades que son

**Figura 41.** Ilustración de Sacar Basura.



barridas y apiladas entre las camas y en el pasillo del invernadero, luego transportar las bolsas o canastas hacia el lugar de compostaje, mediante poleas o por carretillas (ver Figura 41).

**Bajar cortinas (Control de iluminación):** Mediante unas poleas se suben y bajan diariamente las cortinas en cada invernadero para controlar la

iluminación y no afectar la producción (ver Figura 42).

**Figura 42.** Ilustración de Bajar cortinas.



De igual manera, una vez descrito los procesos, a través de la entrevista en profundidad se ha obtenido para las siete empresas participantes los niveles de producción, duración de la actividad la jornada real de trabajo y otros parámetros organizativos utilizados para posteriormente ser utilizados en la aplicación del método OCRA. En promedio los trabajadores del estudio reportaron trabajar en promedio 7,8 horas por día; sin embargo, en algunas empresas, se reportaron jornadas hasta de 8,5 horas por día (ver Tabla 14).

**Tabla 14.** Resumen de la producción diaria, horas trabajadas y jornada real de trabajo

Tarea		Horas diarias trabajadas Media (ds) [Min – Max] <sub>n</sub>	Jornada real (horas) Media (ds) [Min – Max] <sub>n</sub>
1	Agobio	0,54 (1,18) [0,04 – 6,00] <sub>24</sub>	7,58 (0,82) [6,50 – 8,50] <sub>24</sub>
2	Bajar cortinas	0,12 (0,18) [0,01 – 0,83] <sub>37</sub>	8,06 (0,51) [6,50 – 8,50] <sub>37</sub>
3	Barrer	0,42 (0,34) [0,04 – 2,00] <sub>84</sub>	7,79 (0,80) [6,50 – 8,50] <sub>84</sub>
4	Basales	0,67 (0,33) [0,33 – 1,00] <sub>3</sub>	8,44 (0,10) [8,33 – 8,50] <sub>3</sub>
5	Control de hierbas	0,45 (0,66) [0,04 – 5,00] <sub>83</sub>	7,79 (0,80) [6,50 – 8,50] <sub>83</sub>
6	Desbotone	1,25 (1,13) [0,17 – 8,00] <sub>84</sub>	7,80 (0,80) [6,50 – 8,50] <sub>84</sub>
7	Descabece	0,97 (1,54) [0,01 – 8,00] <sub>66</sub>	7,88 (0,76) [6,50 – 8,50] <sub>66</sub>
8	Desenmalle	0,73 (0,96) [0,02 – 4,00] <sub>44</sub>	7,86 (0,74) [6,50 – 8,50] <sub>44</sub>
9	Despatrone / Deschute	0,17 (NA) [NA] <sub>1</sub>	7,79 (0,80) [6,50 – 8,50] <sub>84</sub>
10	Despeine de tallos	0,08 (NA) [NA] <sub>1</sub>	8,33 (NA) [NA] <sub>1</sub>
11	Enmalle	0,95 (0,82) [0,06 – 4,00] <sub>53</sub>	7,83 (0,77) [6,50 – 8,50] <sub>53</sub>

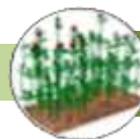


Tabla. Resumen de la producción diaria, las horas trabajadas y la jornada real de trabajo (continuación)

Tarea		Horas diarias trabajadas Media (ds) [Min – Max] <sub>n</sub>	Jornada real (horas) Media (ds) [Min – Max] <sub>n</sub>
12	Erradicación	1,31 (1,35) [0,04 – 6,00] <sub>55</sub>	7,69 (0,85) [6,50 – 8,50] <sub>55</sub>
13	Escarificar / Trinchar	0,34 (0,16) [0,04 – 0,67] <sub>40</sub>	7,37 (0,76) [6,50 – 8,50] <sub>40</sub>
14	Poda o programación	1,16 (1,35) [0,08 – 8,00] <sub>83</sub>	7,80 (0,80) [6,50 – 8,50] <sub>83</sub>
15	Riego	0,33 (0,25) [0,03 – 1,00] <sub>43</sub>	7,50 (0,77) [6,50 – 8,50] <sub>43</sub>
16	Sacar basura	0,37 (0,72) [0,02 – 4,00] <sub>39</sub>	7,92 (0,62) [6,50 – 8,50] <sub>39</sub>
17	Selección y corte	3,18 (1,13) [1,00 – 6,00] <sub>84</sub>	7,79 (0,80) [6,50 – 8,50] <sub>84</sub>

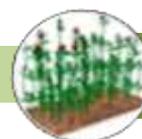
Al relacionar la producción diaria por cada finca, como se puede observar en la Tabla 15, las empresas presentes producen entre 580 y 640 rosas al día en temporada regular, sin embargo en las entrevistas a profundidad de cada empresa, se ha encontrado que en época de alta temporada es posible producir hasta 1700 rosas al día, lo cual es un incremento de aproximadamente tres veces respecto a la producción en temporada regular.

Tabla 15. Producción diaria por empresa

Finca 1 Media (ds) [Min – Max] <sub>n</sub>	Finca 3 Media (ds) [Min – Max] <sub>n</sub>	Finca 7 Media (ds) [Min – Max] <sub>n</sub>	Total Media (ds) [Min – Max] <sub>n</sub>
592,80(124,41) [579,37 – 636,15] <sub>13</sub>	636,15(84,91) [583,13 – 584,00] <sub>14</sub>	600,00(NA) [NA] <sub>1</sub>	592,12(63,05) [579,37 – 636,15] <sub>28</sub>

Los valores de producción pertenecen a las empresas 1, 3 y 7, los trabajadores de las empresas restantes, a pesar de la explicación presentada en el protocolo de recolección de información al inicio del encuentro, no presentaron los valores de producción pues se consideró que esto representaba implicaciones comerciales, sin embargo, al presentarles un valor estimado de 600 rosas por día, asintieron con la cabeza en señal de aprobación del valor presentado y por tanto se tomará los valores presentados por las demás empresas como parámetro del presente estudio.

De igual manera, se ha considerado las horas diarias por empresa dedicadas a cada una de las actividades que conforman una jornada laboral en el área de cosecha (ver Tabla 16). Las tareas han sido agrupadas dependiendo del nivel de contacto directo con la rosa, o con la raíz, o su entorno en general. En general, los trabajadores que realizaron las tareas de corte, poda, desbotone, descabece, erradicación, enmalle y desenmalle, reportaron las intensidades horarias mas altas que el resto de las tareas, todas estas tareas tienen en común el contacto directo ya sea con la flor o con las hojas de la planta. La tarea de corte obtuvo la mayor intensidad horaria promedio, la duración de esta tarea es de aproximadamente tres horas al día



y su principal restricción recae en que esta se debe llevar a cabo todos los días, especialmente en el inicio de la jornada.

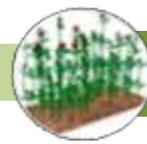
**Tabla 16.** Horas diarias dedicadas a cada tarea

Tarea	F1 Media [ds] <sub>n</sub>	F2 Media [ds] <sub>n</sub>	F3 Media [ds] <sub>n</sub>	F4 Media [ds] <sub>n</sub>	F5 Media [ds] <sub>n</sub>	F6 Media [ds] <sub>n</sub>	F7 Media [ds] <sub>n</sub>	Total Media [ds] <sub>n</sub>
1 Agobio	0,40 [0,16] <sub>7</sub>	0,33 [NA] <sub>1</sub>	0,13 [0,05] <sub>8</sub>	2,28 [3,22] <sub>3</sub>	0,24 [0,19] <sub>3</sub>	0,83 [NA] <sub>1</sub>	0,25 [NA] <sub>1</sub>	0,54 [1,18] <sub>24</sub>
2 Bajar cortinas	0,08 [0,20] <sub>16</sub>	0,25 [NA] <sub>1</sub>	0,08 [NA] <sub>1</sub>	0,08 [0,12] <sub>6</sub>	0,24 [0,16] <sub>10</sub>	0,05 [0,01] <sub>2</sub>	0,03 [NA] <sub>1</sub>	0,12 [0,18] <sub>37</sub>
3 Barrer	0,38 [0,14] <sub>16</sub>	0,55 [0,53] <sub>13</sub>	0,31 [0,43] <sub>19</sub>	0,55 [0,24] <sub>11</sub>	0,43 [0,27] <sub>12</sub>	0,41 [0,25] <sub>12</sub>	0,17 [NA] <sub>1</sub>	0,42 [0,34] <sub>84</sub>
4 Basales	NA	NA	NA	0,83 [0,24] <sub>2</sub>	NA	NA	0,33 [NA] <sub>1</sub>	0,67 [0,33] <sub>3</sub>
5 Control de hierbas	0,51 [0,60] <sub>16</sub>	0,62 [0,56] <sub>12</sub>	0,20 [0,14] <sub>19</sub>	0,89 [1,45] <sub>11</sub>	0,19 [0,06] <sub>12</sub>	0,50 [0,24] <sub>12</sub>	0,08 [NA] <sub>1</sub>	0,45 [0,66] <sub>83</sub>
6 Desbotone	1,48 [0,66] <sub>15</sub>	0,78 [0,45] <sub>13</sub>	0,56 [0,29] <sub>19</sub>	2,11 [1,98] <sub>12</sub>	0,83 [0,48] <sub>12</sub>	2,24 [1,10] <sub>12</sub>	0,21 [NA] <sub>1</sub>	1,25 [1,13] <sub>84</sub>
7 Descabece	0,88 [0,84] <sub>12</sub>	0,41 [0,40] <sub>10</sub>	0,17 [0,16] <sub>13</sub>	2,13 [2,24] <sub>10</sub>	0,71 [0,55] <sub>11</sub>	1,96 [2,78] <sub>9</sub>	0,25 [NA] <sub>1</sub>	0,97 [1,54] <sub>66</sub>
8 Desenmalle	0,49 [0,93] <sub>10</sub>	1,18 [1,61] <sub>5</sub>	0,49 [0,42] <sub>9</sub>	0,64 [0,59] <sub>9</sub>	0,81 [0,72] <sub>8</sub>	2,08 [2,71] <sub>2</sub>	0,25 [NA] <sub>1</sub>	0,73 [0,96] <sub>44</sub>
9 Despatrone / Deschute	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,17 [NA] <sub>1</sub>	0,17 [NA] <sub>1</sub>
10 Despeine de tallos	NA	NA	NA	NA	NA	NA	0,08 [NA] <sub>1</sub>	0,08 [NA] <sub>1</sub>
11 Enmalle	0,55 [0,42] <sub>11</sub>	1,24 [0,90] <sub>10</sub>	1,15 [1,03] <sub>10</sub>	1,16 [0,97] <sub>10</sub>	0,76 [0,59] <sub>8</sub>	0,58 [0,12] <sub>2</sub>	0,21 [NA] <sub>1</sub>	0,95 [0,82] <sub>53</sub>
12 Erradicación	2,21 [2,12] <sub>7</sub>	1,32 [1,50] <sub>8</sub>	0,97 [0,71] <sub>18</sub>	1,17 [1,23] <sub>11</sub>	0,83 [1,01] <sub>7</sub>	3,00 [2,00] <sub>3</sub>	0,63 [NA] <sub>1</sub>	1,31 [1,35] <sub>55</sub>
13 Escarificar / Trinchar	0,42 [0,11] <sub>16</sub>	0,42 [NA] <sub>1</sub>	0,26 [0,15] <sub>18</sub>	0,44 [0,19] <sub>3</sub>	NA	0,42 [NA] <sub>1</sub>	0,11 [NA] <sub>1</sub>	0,34 [0,16] <sub>40</sub>
14 Poda o programación	0,48 [0,31] <sub>16</sub>	1,76 [2,26] <sub>13</sub>	0,50 [0,46] <sub>18</sub>	1,49 [1,82] <sub>11</sub>	1,73 [1,00] <sub>12</sub>	1,60 [0,97] <sub>12</sub>	0,33 [NA] <sub>1</sub>	1,16 [1,35] <sub>83</sub>
15 Riego	0,34 [0,20] <sub>16</sub>	0,25 [NA] <sub>1</sub>	0,30 [0,28] <sub>17</sub>	0,38 [0,18] <sub>2</sub>	0,67 [NA] <sub>1</sub>	0,37 [0,37] <sub>5</sub>	0,17 [NA] <sub>1</sub>	0,33 [0,25] <sub>43</sub>
16 Sacar basura	0,09 [0,05] <sub>16</sub>	0,83 [1,56] <sub>5</sub>	0,08 [NA] <sub>1</sub>	NA	0,23 [0,07] <sub>9</sub>	0,96 [0,74] <sub>6</sub>	0,17 [NA] <sub>1</sub>	0,37 [0,72] <sub>39</sub>
17 Selección y corte	3,17 [0,87] <sub>16</sub>	3,54 [1,13] <sub>13</sub>	1,87 [0,40] <sub>19</sub>	3,45 [1,13] <sub>11</sub>	3,58 [0,51] <sub>12</sub>	4,25 [0,97] <sub>12</sub>	3,33 [NA] <sub>1</sub>	3,18 [1,13] <sub>84</sub>

Así mismo, existe un grupo de tareas, las cuales designadas a la manipulación de los demás componentes de la operación, en ellos encontramos las tareas como el agobio, deshierbe y el escarificar o trinchar, las cuales registraron intensidades menores a 0,5 horas al día

Finalmente un tercer grupo cuya finalidad es la del mantenimiento y limpieza del entorno, entre ellas se encontraron las actividades de control de iluminación o bajar cortinas, barrer, riego, despeine de tallos, y pinche de basales, siendo la menor de todas, la tarea de bajar las cortinas (a excepción del despeine de tallos cuya duración es de menos de 0,08 horas en el día, sin embargo se trató de un solo trabajador) (Tabla 16).

Las tareas de despatronar y despeine de tallos se reportaron como realizada de manera periódica únicamente por un trabajador de la empresa 7, con una intensidad horaria menor a 0,2 horas. La tarea de pinche de basales fue reportada solamente en las empresas 4 y 7, también con una intensidad diaria baja.



De igual manera existe una tarea que no ha sido incluida en el listado que anteriormente ha sido mencionado, esta tarea es denominada “corte de tallo seco”, sin embargo, una de las empresas donde se realiza con cierta frecuencia, manifestó que esta actividad la subcontratan pues consiste en cortar aquellos tallos secos que ya no contribuyen a la producción, y por alta leñosidad, se convierte en un esfuerzo biomecánico importante para sus trabajadores, por lo cual han optado por contratar este servicio una vez al año o cada seis meses dependiendo de la cantidad de tallos que sean necesarios erradicar.

### 6.1.2. Herramientas utilizadas

Una vez descritos los procesos del área de cultivo, el primer acercamiento al sector floricultor fue a través de un estudio a fin de evaluar las herramientas utilizadas en la tarea de selección y corte una rosa. En este estudio, se realizó una evaluación inicial de las principales tijeras encontradas en la industria y así, determinar los esfuerzos que estas realizan frente a la persona quien ejecuta el proceso productivo.

La actividad se desarrolló en el Centro de Estudios de Ergonomía de la Pontificia Universidad Javeriana (Bogotá-Colombia) y consistió en determinar por medio del dinamómetro de agarre, el máximo esfuerzo que un trabajador del sector floricultor puede desarrollar, luego con un dinamómetro digital se procedió a determinar la fuerza externa ejercida durante el proceso de corte. Este equipo fue estabilizado a una mesa de peso mayor para que la fuerza obtenida no fuese influenciada por el movimiento del dinamómetro (ver la Figura 43).

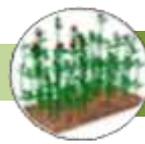
Una vez estabilizado el dinamómetro, se procedió a la toma de las muestras tal como lo muestra la figura (ver el costado derecho de la figura); en dicha toma, se intentó simular de la manera más natural la tarea de corte utilizando seis clases diferentes de tijeras: Low 1, Low 2, Taiw, Precu, Bell y Fel, las cuales fueron denominadas y marcadas con un consecutivo para mayor precisión en la obtención de la información.

**Figura 43.** Evaluación de las herramientas de corte para el sector floricultor



Herramientas del estudio

Procedimiento de toma de datos



De igual manera, se incluyó como variable en este estudio, el tipo de rosa cortar, se tomaron varias muestras de varios tallos teniendo como rango desde el menos leñoso hasta el de mayor leñosidad para verificar la existencia de diferencias significativas por tipo de producto. Es claro que no todas las rosas cumplen exactamente las mismas características de corte, sin embargo no existieron diferencias significativas entre un tipo de rosa y otro, por el cual es posible rediseñar una herramienta que permita realizar la tarea sin importar el tipo de rosa a cortar.

En el caso de la fuerza de agarre obtenida en el estudio, la apertura del agarre ideal tanto para mujeres como para hombres oscila entre los 64 y los 89mm (Greenberg & Chaffin, 1977b) en el caso de la presente evaluación, se presentaron valores entre 120 y 155mm, lo que representa para el caso de las mujeres trabajadoras del sector un gran dificultad en la manipulación de una herramienta con estas características (ver Figura 44).

**Figura 44.** Apertura de la tijera bell



Por otro lado, la literatura internacional comenta que el valor de agarre máximo permitido para el cierre de estas herramientas es aproximadamente de 9.0719 kgf (20 lbf) (Eastman Kodak Company, 1983). Al realizar la evaluación de la fuerza de corte, existieron tijeras que arrojaron resultados máximos entre 3.3 kgf y 41 kgf que equivale a un 40% y 451.9% del estándar internacional respectivamente (ver Tabla 17); Así mismo, el trabajador realiza esta actividad con una frecuencia mayor a 300 veces por hora, lo que representa un incremento en la prevalencia de un WRMSDs teniendo en cuenta la repetitividad como factor de riesgo relacionado con dichos trastornos tal como se ha comentado en anteriores capítulos de esta investigación.

De igual manera, el estudio arrojó situaciones relacionadas con la dificultad en el agarre de las tijeras, existieron esfuerzos como el mostrado en la Figura 44 donde se denota un esfuerzo inicial simplemente para el agarre de la herramienta, justificando este fenómeno a que las herramientas han sido diseñadas para población diferente a la que se encuentra expuesta.

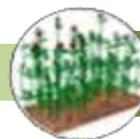


Tabla 17. Resultados por tipo de rosa y tipo de tijera (Kgf)

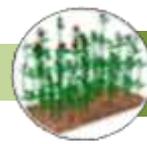
Rosa	Tijera	Media (ds) [Min – Max] <sub>n</sub>	Nivel de confianza (95,0%)	Rosa	Tijera	Media (ds) [Min – Max] <sub>n</sub>	Nivel de confianza (95,0%)
1	1	6,46 (2,64) [2,6 – 9] <sub>5</sub>	3,28	3	4	4,38 (1,70) [3,1 – 7,3] <sub>5</sub>	2,11
	2	3,8 (0,59) [3,1 – 4,6] <sub>5</sub>	0,73		5	5,12 (2,51) [3,1 – 9,4] <sub>5</sub>	3,11
	3	3,9 (1,83) [1,7 – 6] <sub>5</sub>	2,28		6	2,02 (0,35) [1,7 – 2,6] <sub>5</sub>	0,43
	4	15,38 (1,99) [12,1 – 17,3] <sub>5</sub>	2,47	4	1	6,9 (1,09) [5,5 – 8,3] <sub>5</sub>	1,36
	5	30,18 (11,27) [13,2 – 41] <sub>5</sub>	13,99		2	5,2 (0,73) [4,4 – 6] <sub>5</sub>	0,91
	6	3,82 (2,46) [1,6 – 7,8] <sub>5</sub>	3,06		3	7,64 (0,73) [6,7 – 8,7] <sub>5</sub>	0,91
2	1	3,78 (1,22) [2,1 – 5,4] <sub>5</sub>	1,51		4	5,72 (1,13) [3,8 – 6,7] <sub>5</sub>	1,41
	2	3,64 (0,55) [3 – 4,2] <sub>5</sub>	0,68		5	8,72 (4,44) [5,1 – 16,3] <sub>5</sub>	5,52
	3	3,82 (0,65) [2,9 – 4,6] <sub>5</sub>	0,81		6	3,02 (1,97) [1,8 – 6,5] <sub>5</sub>	2,44
	4	10,02 (3,45) [6 – 15] <sub>5</sub>	4,28	5	1	5,4 (1,72) [2,6 – 6,9] <sub>5</sub>	2,13
	5	13,94 (10,61) [4,8 – 29,9] <sub>5</sub>	13,18		2	5,04 (1,22) [3,7 – 6,3] <sub>5</sub>	1,51
	6	3,84 (1,31) [2,9 – 6,1] <sub>5</sub>	1,62		3	6,44 (0,72) [5,3 – 7,1] <sub>5</sub>	0,89
3	1	6,5 (0,29) [6,2 – 6,9] <sub>5</sub>	0,36		4	9,96 (2,41) [5,8 – 11,6] <sub>5</sub>	2,99
	2	5,14 (1,17) [3,8 – 6,4] <sub>5</sub>	1,45		5	18,8 (7,22) [8,3 – 27,9] <sub>5</sub>	8,96
	3	4,92 (0,94) [3,9 – 6,4] <sub>5</sub>	1,16		6	3,82 (1,54) [2,5 – 6,3] <sub>5</sub>	1,91

Al interactuar con los encargados de producción de las fincas y preguntar por el origen de estas herramientas, se ha comentado que las tijeras son esencialmente para jardinería en aquellos países donde son producidas (países europeos y en especial los países nórdicos), por lo cual la frecuencia de uso es mucho menor a comparación con las funciones industriales que actualmente desempeñan en nuestro país. Ante ello, la industria, ha implementado soluciones empíricas sobre la marcha como la ilustrada en la

Figura 45, donde el trabajador ha colocado un elástico justo entre los dos mangos de la tijera para darle un cierre inicial a la herramienta y que esta sea más cómoda en su manipulación.

Figura 45. Soluciones empíricas en el manejo de las tijeras de corte.





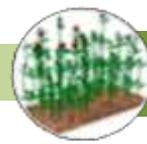
Este tipo de soluciones aún cuando efectivas, carecen de todo soporte técnico y una inadecuada utilización de la herramienta, pues su diseño inicial no cumple con las expectativas que se le han sido encomendadas en esta tarea y por lo cual se ha de pensar en un rediseño que cumpla con los parámetros necesarios para realizar la actividad.

### 6.1.3. Objeto y entorno

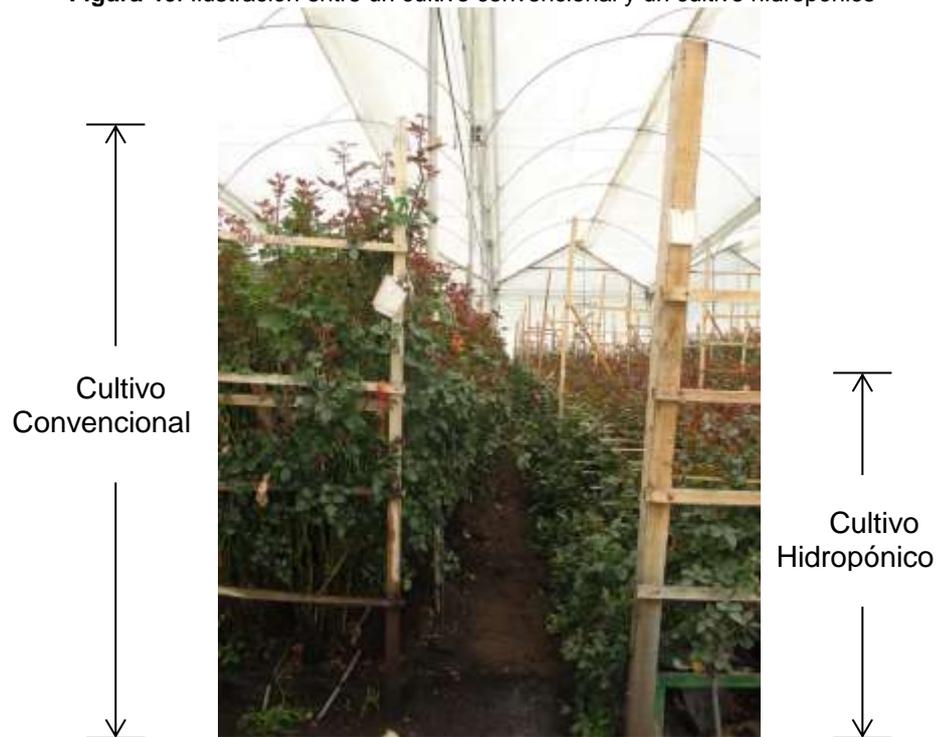
El objeto es aquella entidad que se modifica de acuerdo con la meta requerida. Durante las visitas de campo y las entrevistas de profundidad se apaleó a tratar con dos tipos de producto, las rosas FRIO (rosas rojas) y las rosas Colores. Desde el punto de vista de producción, ambos objetos son tratados con las mismas tareas descritas anteriormente, sin embargo desde una perspectiva meramente biomecánica, las rosas tipo FRIO por sus características de crecimiento, exigió la revisión en la tarea de corte pues el objeto requiere unas habilidades personales del sujeto quien realizaría la actividad. En este caso, las rosas de dicha tipología, poseen un punto de corte más elevado que las rosas convencionales, su inspección antes de ser cortada demanda exigentes extensiones del miembro superior del sujeto y por lo cual, requiere una serie de movimientos que deben ser revisados por aparte durante la aplicación de los métodos de evaluación. Es entonces de esta manera, como poco a poco se hace especificidad sobre los estándares de producción de este objeto; en las entrevistas en profundidad llevadas a cabo durante el estudio, se han agregado los siguientes estándares para determinar si una flor puede ser exportable:

- Tallo igual o mayor a 47cm
- Tallo derecho
- Tallo Sano
- Vida en florero de aproximadamente 10 días
- Flor en el punto de corte (si el punto es muy cerrada tiende a cabecear y si es muy abierta no se recibe)

De ahí que la flor debe tener unas condiciones de entorno especiales para cumplir con la meta trazada. En la actualidad, el entorno del producto se encuentra con siembras que están ubicadas a nivel de suelo, sin embargo, se han encontrado entornos donde se cuentan con cultivos de mayor tecnificación como los cultivos hidropónicos lo cual permite obtener puntos de corte menores disminuyendo así la altura convencional utilizadas respetando siempre respetando las especificaciones de exportación y que el desarrollo de la actividad sea de mayor comodidad para el individuo.

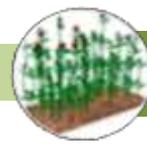


**Figura 46.** Ilustración entre un cultivo convencional y un cultivo hidropónico



En Colombia, se ha registrado el uso del cultivo hidropónico de flores, aproximadamente desde 1992, con anterioridad a esa fecha, fueron muy pocos los ensayos realizados con esta técnica en el campo de las flores. Sin embargo, es necesario mencionar que para esa fecha, ya se habían empezado a utilizar en Colombia los cultivos hidropónicos aunque casi exclusivamente en el campo de las hortalizas (Calderón, 2001). En la actualidad, algunas fincas ya contemplan este tipo de siembra y de manera progresiva han desarrollado cambios relacionados con el paso de siembras convencionales a siembras hidropónicas tal como lo muestra la Figura 46.

En esta figura, se denota la diferencia de alturas entre una siembra u otra, sin embargo, existe un punto de inflexión en la implementación definitiva de esta medida, las fincas han coincidido en su explicación en que no utilizan en todos sus bloques los cultivos hidropónicos por cuestiones de productividad, la explicación a esto se centra en que a mayor altura existen un número mayor de flores que pueden cumplir con las características de exportación y por esta manera buscan que los puntos de corte cada vez sean mas altos provocando todos los movimientos extremos de miembros superiores al desarrollar las actividades de cosecha.



## 6.2. Resultados aplicación método OCRA

En el presente apartado se describen los resultados obtenidos con el seguimiento de las fases propuestas, para el caso del presente estudio, se ha aplicado el método OCRA. Para ello, de manera inicial se realizó una videoteca en el programa Microsoft Excel donde se ha enlazado los videos obtenidos en cada una de las tareas a fin de agilizar la búsqueda de los videos para aplicar el método (ver Anexo D). La idea posterior de la videoteca es generar una base de datos de videos en otros sectores industriales a fin de expandir el conocimiento del método OCRA y capturar todas las principales tareas que estén influyendo en la prevalencia de algún WRMSD.

Así mismo, se ha destinado el conocer a través de los diagramas bimanuales lo realizado por ambos miembros superiores durante la actividad de cosecha de rosas. Este diagrama también conocido como diagrama de proceso del operario o diagrama de proceso mano derecha mano izquierda. Este diagrama, es una herramienta mas en el estudio de movimientos manuales del operador, en donde se muestran todos los movimientos y reposos realizados por las manos y la relación que existe entre estas al realizar una tarea manual. Para esta actividad se ha incluido el siguiente formato de diagrama bimanual para la recolección de los datos (ver Figura 47).

El diagrama bimanual se usa en tareas que son muy repetitivas (Niegel & Freivalds, 2001), con el fin de analizar y mejorar dicha operación; identificando los movimientos ineficientes, tratar de eliminarlos o de reducir su participación en el trabajo y cambiarlos por movimientos eficientes haciendo así, una operación en donde ambas manos estén bien balanceadas en cuanto a movimientos, teniendo como resultado una tarea más suave y relajada, manteniendo el ritmo del operador y evitando la temprana fatiga (Niegel & Freivalds, 2001) (Brook & William, 2006).

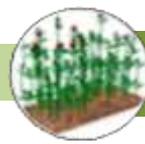


Figura 47. Formato diagrama de proceso bimanual (ejemplo)

**Diagrama de proceso bimanual**

Operación: **DESHIERBE (control de hierbas)**      Resumen      Mano Izq.      Mano der

Analista: Luis Saavedra Robinson      Fecha: 13/03/11      Tiempo efectivo      3,6      9

Método: Actual       Propuesto       Tiempo inefectivo      1,03      4,63

Tiempo de ciclo      4,63

---

**Descripción:**

Quitar de raíz todo tipo de maleza ubicada en las camas asignadas, en los caminos entre camas y en los caminos centrales, con el fin de mantener el agua y fertilizantes disponibles exclusivamente para la planta. Esta actividad se hace manualmente, ayudado ocasionalmente por la escarda.

**Esquema:**

Descripción mano izquierda	Simb.	Tiempo	Tiempo	Simb.	Descripción mano derecha
Coger	00	1,94			
Coger	00	0,36			
Coger	00	0,84			
Coger	00	0,48			
Coger	00	0,96			

Formato de la versión de la Organización de Estados Americanos (OEA) y el Ministerio de Agricultura y Ganadería de Uruguay, adaptado al formato de este documento.

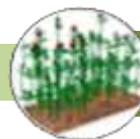
Con este formato, se ha obtenido los tiempos de ciclo observados en las actividades correspondientes, así como el nivel de productividad de los miembros superiores involucrados en los movimientos propios de la tarea los cuales resumidos en la Tabla 18 (los diagramas bimanuales para cada una de las actividades se encuentra en el Anexo E).

Tabla 18. Resumen diagrama bimanual para las actividades de cosecha

Tarea	Tiempo de ciclo (seg)		Mano Derecha				Mano Izquierda			
	Tiempo real	**	Efectivo		Inefectivo		Efectivo		Inefectivo	
			T (seg)	%	T (seg)	%	T (seg)	%	T (seg)	%
1 Agobio	3,82	1,00	2,58	68	1,24	32	3,31	87	0,51	13
2 Bajar cortinas	15,87	-	15,87	100	0	0	0	0	15,87	100
3 Barrer	2,06	-	2,06	100	0	0	2,06	100	0	0
4 Basales	10,06	-	8,06	80	2	20	5,32	53	4,74	47
5 Control de hierbas	4,63	-	0	0	4,63	100	3,6	78	1,03	2
6 Desbotone	5,42	2,9	5,42	100	0	0	5,42	100	0	0
7 Descabece	1,54	6,3	1,54	100	0	0	1,54	100	0	0
8 Desenmalle	1,38	3,71	1,38	100	0	0	0	0	1,38	100
9 Despatrone /Deschute	3,13	4,93	3,13	100	0	0	0,66	21	2,47	79
10 Despeine de tallos	5,33	2,14	3,88	73	1,45	27	4,73	89	0,6	11
11 Enmalle	4,94	2,57	4,94	100	0	0	4,62	94	0,32	6
12 Erradicación	2,33	0,3	0	0	0	0	2,33	100	0	0
13 Escarificar / Trinchar	2,2	-	2,2	100	0	0	2,2	100	0	0
14 Poda o programación	6,75	7,3	5,88	87	0,87	13	3,8	56	2,95	44
15 Riego	20,06	-	0,64	3	19,42	97	0,64	3	19,42	97
16 Sacar basura	95,04	-	95,04	100	0	0	4,54	5	90,5	95
17 Selección y corte	7,2	7,1	5,33	74	1,87	26	4,86	68	2,34	33

\*\* Suplemento

Tal como lo muestra la tabla, existieron actividades que cumplieron con un balance favorable en la utilización de los miembros superiores, tareas como barrer, desbotone,



descabece, y escarificar obtuvieron porcentajes efectivos del 100% del tiempo real del ciclo. Por otro lado, tareas como desenmalle, control de hierbas, erradicación y bajar cortinas normalmente fueron realizadas con una sola extremidad superior, por tanto existe un desbalance de la actividad, pues la inefectividad de la mano no utilizada es del 100% del tiempo real del ciclo y toda la carga recae en la mano efectiva, incrementando la prevalencia de una enfermedad de tipo osteomuscular debido a la frecuencia y sobrecarga de uso.

De igual manera cabe mencionar que el tiempo de ciclo está dado por el cumplimiento de dos tiempos, el tiempo real de la actividad donde los miembros superiores desarrollaron la tarea designada y un tiempo suplemento, este tiempo suplemento corresponde al periodo de búsqueda que el trabajador utilizó para encontrar el nuevo objeto que fuese manipulado, es decir, en el caso de la primera tarea denominada Agobio, el tiempo real de la actividad corresponde a 3,82seg y el suplemento de 1,00seg corresponde al tiempo que el trabajador demoró en encontrar el nuevo tallo para empezar el ciclo nuevamente. Este tiempo de ciclo definitivo (4,82seg) es el suministrado al método OCRA como el tiempo total observado de la actividad (ver Anexo F).

Otra de las consideraciones que se deben tener en cuenta en la aplicación del método OCRA es determinar el nivel de esfuerzo requerido. Diversos métodos de estudio se han utilizado como indicadores de la carga de trabajo y la fatiga resultante. Muy a menudo estos índices de carga y la fatiga se obtienen sobre la base de un análisis de la señal electromiográfica registrados en los músculos seleccionados (Byström & Kilbom, 1990) (Mathiassen, 1993) (West, Hicks, Clements, & Dowling, 1995) (Cook, Rosencrance, Zimmermann, Gerleman, & Ludewig, 1998) (D. Roman-Liu, 2003); cambios en la frecuencia cardíaca (Dahalan & Fernandez, 1993) (Marley & Fernandez, 1995) y la percepción subjetiva a través de escalas también pueden actuar como indicadores de la carga muscular y la fatiga durante un trabajo repetitivo (Mathiassen, 1993) (Marley & Fernandez, 1995) (D. Roman-Liu, Tokarski, & Kowalewski, 2005).

Para determinar el nivel de esfuerzo en las tareas de cosecha, el método OCRA sugiere optar la escala de Borg cuyos valores nominales corresponden a un rango entre 0 y 10 siendo 0 representativo para una intensidad extremadamente suave y 10 para una intensidad extremadamente fuerte (ver Tabla 19). Para esta variable, se ha determinado que la moda es la mejor medida estadística pues se trata de resumir el valor de mayor frecuencia en una distribución de datos y no la media como se ha manejado anteriormente pues dicha variable tiende a centralizar los datos pero no representa el real esfuerzo de la tarea.

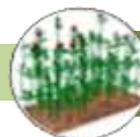


Tabla 19. nivel de intensidad del esfuerzo en las tareas de cosecha de rosas

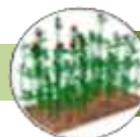
Tarea	F1 [Moda] <sub>n</sub>	F2 [Moda] <sub>n</sub>	F3 [Moda] <sub>n</sub>	F4 [Moda] <sub>n</sub>	F5 [Moda] <sub>n</sub>	F6 [Moda] <sub>n</sub>	Total [Moda] <sub>n</sub>
1 Agobio	[7] <sub>7</sub>	[Amodal] <sub>1</sub>	[4] <sub>8</sub>	[4] <sub>3</sub>	[6] <sub>3</sub>	[Amodal] <sub>1</sub>	[4] <sub>24</sub>
2 Bajar cortinas	[7] <sub>16</sub>	[Amodal] <sub>1</sub>	[Amodal] <sub>1</sub>	[4] <sub>6</sub>	[4] <sub>10</sub>	[Amodal] <sub>2</sub>	[7] <sub>37</sub>
3 Barrer	[7] <sub>16</sub>	[6] <sub>13</sub>	[4] <sub>19</sub>	[6] <sub>11</sub>	[4] <sub>12</sub>	[7] <sub>12</sub>	[7] <sub>83</sub>
4 Basales	NA	NA	NA	[Amodal] <sub>2</sub>	NA	NA	[Amodal] <sub>3</sub>
5 Control de hierbas	[4] <sub>16</sub>	[4] <sub>12</sub>	[6] <sub>19</sub>	[6] <sub>11</sub>	[4] <sub>12</sub>	[4] <sub>12</sub>	[4] <sub>83</sub>
6 Desbotone	[4] <sub>15</sub>	[4] <sub>13</sub>	[4] <sub>19</sub>	[4] <sub>12</sub>	[4] <sub>12</sub>	[6] <sub>12</sub>	[4] <sub>84</sub>
7 Descabece	[4] <sub>12</sub>	[4] <sub>10</sub>	[4] <sub>13</sub>	[4] <sub>10</sub>	[4] <sub>11</sub>	[4] <sub>9</sub>	[4] <sub>66</sub>
8 Desenmalle	[4] <sub>10</sub>	[4] <sub>5</sub>	[4] <sub>9</sub>	[4] <sub>9</sub>	[4] <sub>8</sub>	[Amodal] <sub>2</sub>	[4] <sub>44</sub>
9 Despatrone / Deschute	NA	NA	NA	NA	NA	NA	[Amodal] <sub>1</sub>
10 Despeine de tallos	NA	NA	NA	NA	NA	NA	[Amodal] <sub>1</sub>
11 Enmalle	[4] <sub>10</sub>	[4] <sub>5</sub>	[4] <sub>9</sub>	[4] <sub>9</sub>	[4] <sub>8</sub>	[4] <sub>2</sub>	[4] <sub>53</sub>
12 Erradicación	[4] <sub>7</sub>	[4] <sub>8</sub>	[4] <sub>18</sub>	[4] <sub>11</sub>	[4] <sub>7</sub>	[1] <sub>3</sub>	[4] <sub>55</sub>
13 Escarificar / Trinchar	[7] <sub>16</sub>	[Amodal] <sub>1</sub>	[7] <sub>18</sub>	[Amodal] <sub>3</sub>	NA	[Amodal] <sub>1</sub>	[7] <sub>40</sub>
14 Poda o programación	[7] <sub>16</sub>	[7] <sub>13</sub>	[6] <sub>18</sub>	[4] <sub>11</sub>	[4] <sub>12</sub>	[4] <sub>12</sub>	[4] <sub>83</sub>
15 Riego	[7] <sub>16</sub>	[Amodal] <sub>1</sub>	[7] <sub>17</sub>	[Amodal] <sub>2</sub>	[Amodal] <sub>1</sub>	[Amodal] <sub>5</sub>	[7] <sub>43</sub>
16 Sacar basura	[7] <sub>16</sub>	[7] <sub>5</sub>	[Amodal] <sub>1</sub>	NA	[4] <sub>9</sub>	[6] <sub>6</sub>	[4] <sub>39</sub>
17 Selección y corte	[4] <sub>16</sub>	[4] <sub>13</sub>	[4] <sub>19</sub>	[4] <sub>11</sub>	[6] <sub>12</sub>	[7] <sub>12</sub>	[4] <sub>84</sub>

Como se puede observar la gran mayoría de las actividades de cosecha han sido calificadas con una intensidad “suave” (valor 4 en la escala de 0-10), sin embargo existieron diferentes situaciones a considerar, como es el caso de las actividades de poda y el corte de la rosa, donde a pesar de su resultado general, existieron empresas que registraron niveles de intensidad mayor en su distribución modal, en la poda o programación, las empresas 1, 2 y 3 reportaron un nivel de intensidad catalogado como “fuerte” o “algo fuerte” (valores de 7 y 6 en la escala de 0-10 respectivamente), y de igual manera ocurre en el caso de la selección y corte donde las empresas 5 y 6 registraron niveles de intensidad de 6 y 7 en la escala de Borg.

En el caso de la actividad sacar la basura, solo la empresa 5 registró en su distribución modal un nivel de intensidad 4 a diferencia del resto de la empresas participantes, sin embargo este valor de 4 obtuvo un nivel de frecuencia superior en las 39 muestras que constituyen el espacio muestral de todas las empresas y por ello ha sido registrado este dato como valor total.

Así mismo, existieron varios datos cuya escala resultó amodal, la distribución amodal es utilizada cuando ningún valor se repite. En el caso de la finca 7, la empresa no ha sido incluida en la tabla resumen debido a que todos sus valores son amodales por tener un único valor para cada actividad, sin embargo, estos datos han sido incluidos en la estadística total de las siete empresas.

Finalmente se ha encontrado que las actividades de mayor intensidad han coincidido con aquellas tareas que acarrear la manipulación de herramientas, el bajar las cortinas donde el mecanismo maneja un gran fuerza de torque, la manguera en el caso del riego donde la herramienta debe ser arrastrada por todo el bloque y la barrer utilizando el rastrillo, son



esfuerzos cuya explicación ha sido reportada por los trabajadores como de gran dificultad y esfuerzo catalogando las tareas con un nivel “fuerte” en la escala de Borg.

**Tabla 20.** Factor fuerza de las tareas de cosecha utilizando el método OCRA

Tarea		FUERZA			
		Derecha		Izquierda	
		Punt.	Mult.	Punt.	Mult.
1	Agobio	0,49	1,00	0,51	1,00
2	Bajar cortinas	0,60	0,97	NA	NA
3	Barrer	0,38	1,00	0,57	0,98
4	Basales	0,19	1,00	0,18	1,00
5	Control de hierbas	NA	NA	0	1,00
6	Desbotone	0,7	0,94	0,74	0,93
7	Descabece	0,06	1,00	0	1,00
8	Desenmalle	0,32	1,00	NA	NA
9	Despatrone / Deschute	1,16	0,82	1,21	0,81
10	Despeine de tallos	0,24	1,00	0,41	1,00
11	Enmalle	0,4	1,00	0,32	1,00
12	Erradicación	NA	NA	0,19	1,00
13	Escarificar / Trinchar	0,76	0,92	0,76	0,92
14	Poda o programación	1,128	0,79	0,50	1,00
15	Riego	3,99	0,20	3,99	0,20
16	Sacar basura	3,91	0,23	0,10	1,00
17	Selección y corte	1,08	0,83	1,15	0,82

Estas actividades al ser valoradas mediante el método OCRA (Tabla 20), obtuvieron multiplicadores por debajo de 1 y en la medida en que su puntuación fue aumentando el multiplicador actuó de manera inversamente proporcional, es decir, en actividades como riego y sacar la basura se obtuvieron puntuaciones en la mano derecha de 3,99 y 3,91 respectivamente. Esta valoración influyó en sus multiplicadores donde se obtuvieron resultados de 0,2 y 0,23; una situación a revisar pues al involucrar los otros criterios de valoración como la postura, el estereotipo y la frecuencia estas actividades pueden generar un riesgo potencial al trabajador.

Otro de los factores valorados fue la postura durante el desarrollo de la tarea, para ello se tuvieron en cuenta cuatro puntos anatómicos de observación, el hombro, el codo la muñeca y las manos, estos puntos anatómicos incluyeron una serie de criterios para su valoración, en el caso del hombro se utilizaron tres criterios que incluye la flexión mayor a 80°, la abducción entre 45° - 80° y la extensión mayor a 20°, en el caso del codo, los criterios fueron la supinación, la pronación o la flexo-extensión por encima de 60°, para los movimientos de la muñeca se contemplaron la flexo-extensión por encima de 45°, la desviación radial superior a 15° y la desviación ulnar superior al 20°; finalmente para el caso de las manos y los dedos se tomaron como criterios el tipo de agarre, ya sea en grip para diámetros entre 3-5mm, o agarres en pinch, presa palmar y presa de gancho, sumado a la existencia de movimientos finos de los dedos como lo ocurrido con el desbotone donde se necesita de una precisión especial para quitar los brotes laterales sin afectar la flor principal.

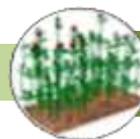


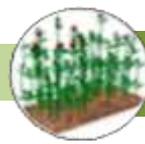
Tabla 21. Factor Postura de las tareas de cosecha utilizando el método OCRA

Tarea	POSTURA								Multiplicador	
	HOMBRO		CODO		MUNECA		MANOS		postura	
	Der	Izq	Der	Izq	Der	Izq	Der	Izq	Der	Izq
1 Agobio	0	0	0	0	0	0	3	0	1,00	1,00
2 Bajar cortinas	0	NA	0	NA	0	NA	0	NA	1,00	NA
3 Barrer	4	4	4	4	4	4	3	3	0,70	0,70
4 Basales	0	0	3	0	2	2	2	2	1,00	1,00
5 Control de hierbas	NA	4	NA	2	NA	0	NA	3	NA	0,70
6 Desbotone	16	16	2	2	0	0	6	3	0,33	0,33
7 Descabece	8	4	0	0	0	0	0	0	0,60	0,70
8 Desenmalle	4	NA	0	NA	0	NA	0	NA	0,70	NA
9 Despatrone / Deschute	16	12	3	4	2	0	1	1	0,33	0,50
10 Despeine de tallos	0	0	2	2	2	2	0	3	1,00	1,00
11 Enmalle	8	12	2	3	0	3	3	0	0,60	0,50
12 Erradicación	NA	0	NA	2	NA	2	NA	3	NA	1,00
13 Escarificar / Trinchar	4	4	4	4	4	4	3	3	0,70	0,70
14 Poda o programación	12	8	3	3	3	0	4	0	0,50	0,60
15 Riego	12	0	6	6	0	0	3	3	0,50	0,70
16 Sacar basura	12	0	12	0	6	0	6	0	0,50	1,00
17 Selección y corte	16	12	3	2	2	0	1	3	0,33	0,50

Una vez situado la postura de trabajo, se determinó la duración de dicha postura en relación a todo el ciclo de trabajo y de allí se obtuvieron las valoraciones y posteriormente el multiplicador relacionado con este criterio. Como se puede observar en la Tabla 21, existieron posturas extremas que implicaron el aumento considerable de la puntuación, en el caso de la mano derecha, actividades como desbotone, despatrone y corte de rosas obtuvieron valores de hasta 16 en el hombro, esta valoración es debido a que el brazo permanece la mayoría del tiempo de ciclo en flexión por encima de 80°, en el caso de desbotone y corte de rosas es debido a que el punto de corte y manipulación de la rosa es muy alto (aproximadamente de 1,75m) (Figura 35) y es por ello que el trabajador debe realizar una postura totalmente inadecuada lo que hace que el multiplicador se reduzca de manera significativa.

En el caso del despatrone (ver Figura 31), la persona se debe agachar por lo cual la flexión del tronco es significativa y el trabajador debe realizar movimientos inadecuados como flexiones por encima de 80° y extensiones mayores a 20° para arrancar con sus manos el patrón que debe ser retirado

Así mismo existieron actividades de menor exigencia pero de igual manera con una valoración a ser tenida en cuenta por su resultado final, en el caso del enmalle, la poda, el riego y sacar la basura donde su valoración de 12 hizo que el multiplicador de la postura disminuyera hasta en un 50%. En el caso del enmalle fue la mano izquierda que obtuvo esta valoración, dicha situación se da debido a que esta extremidad es la encargada de alcanzar y preposicionar la flor para que se le sea colocada la malla (ver Figura 37), entonces, la mano debe levantarse por encima del hombro lo que provoca esta valoración.



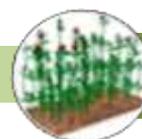
Es entonces donde se debe revisar la altura de las operaciones pues estas posturas inadecuadas están siendo penalizadas por el método OCRA incrementando su valoración y el posible riesgo de la prevalencia de un MSD de origen laboral.

Por otro lado, el método OCRA desarrolla una valoración referente a dos conceptos como lo son el estereotipo y factores complementarios; el primero contempla los movimientos altamente repetitivos y el segundo contempla aspectos como vibraciones, compresiones, golpes, los movimientos intempestivos y el ritmo de trabajo, en este caso, todas las tareas desarrolladas en el cultivo no poseen valoraciones relacionadas a estos factores, el ritmo de trabajo es totalmente autorregulado pues la persona no tiene una máquina que le impone el ritmo, tiene una meta de producción pero el ritmo lo impone el trabajador

Por último, se ha presentado el factor frecuencia, el cual ha incluido la producción estimada por cada actividad durante el turno, el tiempo de ciclo total y el tiempo neto de trabajo repetitivo. Este tiempo neto es el resultado de introducir los parámetros de la duración de la tarea, las pausas oficiales y no oficiales, la pausa para comer, tiempos de traslado a los bloques, tiempos muertos (ir al baño, demoras entre otros); así, luego de descartar todos estos tiempos del turno normal de trabajo, el tiempo restante es el considerado como de uso exclusivo para el desarrollo de la actividad repetitiva.

De igual manera, se ha incluido el tiempo total del ciclo, el cual incluye no sólo el tiempo dedicado al desarrollo propia de la actividad sino que incluye el tiempo en que el trabajador realiza los procesos de búsqueda para empezar el nuevo ciclo. Este tiempo de búsqueda es incluido debido a que ese momento se puede considerar que se realiza una micro pausa de descanso para los miembros superiores mientras el trabajador realiza la inspección visual a fin de encontrar su nuevo objetivo, tal como se ha mencionado en el apartado del diagrama bimanual.

Como se puede observar en la Tabla 22, la actividad que mayor tiempo de trabajo repetitivo implica es la selección y corte de la flor que es de aproximadamente 174 min en una jornada de trabajo sin embargo, el número de acciones por minuto es relativamente bajo (en comparación con el estándar de 30acc/min del método OCRA) debido a que de todo el ciclo de trabajo los miembros superiores tienen una influencia real de 7,2seg y un periodo de búsqueda de flor de 7,1seg. Caso contrario se presenta para las actividades de escarificar y barrer, pues aun cuando el tiempo neto de trabajo repetitivo es inferior al del corte de rosa (20,40 y 25,20min respectivamente) el número de acciones por minuto fue más elevado teniendo en cuenta las



características propias de la actividad, en este caso no existe un periodo de búsqueda, simplemente se toma la herramienta (escarificador, rastrillo) y se arrastra de manera uniforme hasta terminar la labor.

**Tabla 22.** Factor frecuencia de las tareas de cosecha utilizando el método OCRA

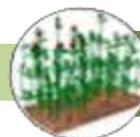
Tarea	Tiempo neto de trabajo repetitivo (min)	Producción /turno	Tiempo de ciclo total (seg)	Tiempo de actividad proyectado (seg)	Acciones técnicas /minuto Dx	Acciones técnicas /minuto lx
Agobio	30,00	461	3,90	2,58	30,73	30,73
Bajar cortinas	7,20	28	15,43	15,985	89,44	NA
Barrer	25,20	720	2,10	2,06	114,30	114,30
Basales	40,20	240	10,05	10,05	53,73	29,85
Control de hierbas	27,00	360	4,50	3,60	NA	66,67
Desbotone	75,00	540	8,33	5,42	36	28,80
Descabece	58,20	461	7,57	1,54	31,68	31,68
Desenmalle	43,80	540	4,87	1,38	36,99	NA
Despatrone	10,20	75	8,16	3,37	44,12	22,06
Despeine de tallos	4,80	40	7,20	5,24	83,33	75,00
Enmalle	57,00	461	7,42	4,90	72,79	56,61
Erradicación	78,60	1800	2,62	2,34	NA	91,60
Escarificar / Trinchar	20,40	580	2,11	2,10	113,73	113,73
Poda o programación	69,60	300	13,92	6,75	38,79	21,55
Riego	19,80	60	19,80	20,06	9,09	9,09
Sacar basura	22,20	14	95,14	95,04	6,31	5,68
Selección y corte	174,00	700	14,91	5,93	32,18	32,18

Dx = Derecha; lx = Izquierda

Con respecto a la producción se destacan actividades como sacar la basura y bajar las cortinas donde son actividades repetitivas pero no son de una alta frecuencia, en el caso de la tarea denominada sacar la basura, el trabajador debe arrastrar la canasta hasta el lugar de acopio de la basura lo que tarda aproximadamente 94,05seg en ejecutar la labor, así mismo, la basura se retira una vez las otras actividades se han desarrollado y no se realiza en paralelo con otras actividades como otras acciones descritas, por tanto su frecuencia es menor que el resto de actividades.

Finalmente una vez incorporado todos los elementos de método, se han obtenido los resultados de esta evaluación para cada una de las actividades en el proceso de cosecha de rosas, este índice tiene cuatro criterios de valoración, el primer criterio es que el resultado se encuentre en el rango entre 0 y 2.2, lo cual indica que la tarea tiene un riesgo aceptable, el rango comprendido entre 2.3 y 3.5 representa un riesgo incierto; el rango entre 3.6 y 9.0 representa la presencia del riesgo y finalmente el cuarto criterio es el riesgo elevado que se interpreta cuando su valoración final es mayor a 9.0.

Los criterios mencionados anteriormente se rigen bajo el esquema de semaforización, es decir que el riesgo aceptable de valoración se le otorga un color verde, el riesgo incierto es valorado con el color amarillo y el riesgo presente es valorado con el color rojo; sin embargo



para este método de ha incorporado el color lila para valorar aquellas tareas cuyo resultado es mayor a 9.0 (ver Tabla 23).

De esta manera, el investigador puede presentar los resultados con una asociación colorimétrica respecto a lo obtenido en el método OCRA presentando niveles de intervención inmediata en los colores lila y rojo y de mediano y largo plazo las tareas valoradas con el color amarillo y verde respectivamente.

**Tabla 23.** Nivel de riego valorado por el método OCRA

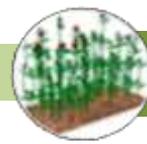
ACEPTABLE	0 - 2,2
MUY LEVE O INCIERTO	2,3 - 3,5
PRESENTE	3,6 - 9,0
ELEVADO	Mayor a 9

En el área de cultivo fueron valoradas las 17 actividades a través del método OCRA, tanto para la extremidad derecha como para la extremidad izquierda. La Tabla 24, muestra las valoraciones obtenidas, se puede observar a simple vista que ninguna actividad presentó una valoración por encima de 9.0 de allí la inexistencia del color lila en la tabla mostrada.

**Tabla 24.** Resultado final del método OCRA en las tareas de cosecha de rosas

	Tarea	Índice OCRA	
		Derecha	Izquierda
1	Agobio	1,1	1,1
2	Bajar cortinas	3,4	NA
3	Barrer	6,0	6,1
4	Basales	2,0	1,1
5	Control de hierbas	NA	3,5
6	Desbotone	4,3	3,4
7	Descabece	1,9	1,7
8	Desenmalle	1,9	NA
9	Despatrone / Deschute	6,0	2,0
10	Despeine de tallos	3,1	2,7
11	Enmalle	4,4	4,1
12	Eradicación	NA	3,4
13	Escarificar / Trinchar	6,5	6,5
14	Poda o programación	3,6	1,3
15	Riego	3,3	2,3
16	Sacar basura	2,0	0,2
17	Selección y corte	4,3	2,9

Con respecto a la extremidad derecha, las actividades que presentaron mayor índice de riesgo fueron las tareas de barrer, desbotone, despatrone, enmalle, escarificar, poda o programación y selección y corte de rosa; dentro de estas tareas existen diferentes características que prevalecieron en este resultado, las tareas de desbotone y enmalle, a pesar de no manipular herramientas durante su ciclo repetitivo, su postura inadecuada fue el factor preponderante en el resultado final, mientras que las actividades de poda y corte de rosa fue el factor fuerza el que influyó en su valoración, finalmente en las actividades de escarificar y



barrer fue la frecuencia sumado con el esfuerzo las características más representativas dentro de su valoración. Por otro lado las tareas de riego, despeine de tallos y bajar cortinas obtuvieron una valoración leve respecto al método y las actividades de sacar la basura, descabece, desenmalle, pinche de basales y agobio obtuvieron una valoración aceptable.

Respecto a la extremidad izquierda, se obtuvieron valoraciones significativas para las actividades de escarificar, enmalle y barrer, con la misma justificación que la extremidad derecha, sin embargo en otras actividades como selección y corte, poda, desbotone y despatrone la valoración de dicha extremidad fue inferior debido a la postura y el tipo de agarre del objeto optada por esta extremidad en dichas actividades; durante la investigación la extremidad dominante fue la derecha por lo que la sobrecarga biomecánica decayó sobre la misma.

Las actividades que han dado como resultado el "NA" es debido a que para dichas tareas se utilizó una sola mano para la ejecución de la misma, en el caso del control de hierbas fue la extremidad izquierda la que desarrolló la tarea y en el caso de las actividades de bajar cortinas, desenmalle y erradicación fue la extremidad derecha quien ejecuto las acciones relacionadas.

Cabe mencionar también, que existieron algunas labores que se realizaron de manera agachada lo que influyó en la valoración de las actividades, (despatrone y control de hierbas) sin embargo la espalda a pesar que no fue incluida en el alcance del presente estudio se considera que influye posibles mejoras que serán propuestas en el capítulo siguiente.

### 6.2.1. Índice OCRA medio

Una vez obtenido el índice OCRA para cada una de las tareas previstas en el cultivo de rosas, se ha incluido el índice OCRA medio, el cual pondera las acciones técnicas realizadas actualmente y las acciones técnicas recomendadas que ha sido calculada a partir de la duración del trabajo repetitivos causado por los descansos, pausas oficiales y extra oficiales y demás tareas que han sido excluidas para conocer el tiempo real del trabajo a alta repetición.

Es así, como en el caso del miembro superior derecho, el índice OCRA medio arrojó un resultado de 3,3003 y para el caso del miembro superior izquierdo el resultado correspondió a un valor de 2,6430 (ver Tabla 25). Ambos valores se han situado en la franja amarilla delimitada por la Tabla 23, lo cual implica un nivel de riesgo incierto o leve para toda la actividad de cosecha de rosas.



Tabla 25. Índice OCRA medio

Tarea		Acciones técnicas realizadas		Acciones técnicas recomendadas		Índice OCRA Medio	
		Derecha	Izquierda	Derecha	Izquierda	Derecha	Izquierda
1	Agobio	922	922	819	816	3,3003	2,6430
2	Bajar cortinas	644	0	191	0		
3	Barrer	2880	2880	482	471		
4	Basales	2160	1200	1097	1097		
5	Control de hierbas	NA	1800	NA	516		
6	Desbotone	2700	2160	634	627		
7	Descabece	1844	1844	953	1112		
8	Desenmalle	1620	NA	837	0		
9	Despatrone / Deschute	450	225	75	112		
10	Despeine de tallos	400	360	131	131		
11	Enmalle	4149	3227	934	778		
12	Erradicación	NA	7200	NA	2146		
13	Escarificar / Trinchar	2320	2320	360	360		
14	Poda o programación	2700	1500	754	1140		
15	Riego	180	180	55	77		
16	Sacar basura	140	126	69	606		
17	Selección y corte	5600	5600	1308	1946		

Este índice medio tiene como propiedad que con él, es posible conocer el porcentaje de personas que posiblemente puedan padecer de un trastorno musculoesquelético debido a como se desarrollan en general las tareas de cultivo y lo cual implica un pronóstico para las organizaciones del incremento del nivel de ausentismo que presentan año a año las empresas floricultoras.

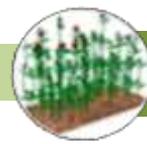
### 6.2.2. Previsión de los WRMSDs

En búsqueda de la previsión de los WRMSDs, la norma ISO 11228 versión 2007 en su apartado número tres relacionado con el manejo de cargas a una alta frecuencia, ha propuesto una relación entre el índice OCRA y los WRMSDs, la cual formula una regresión lineal para determinar la potencialidad de este resultado frente a una posible afectación a la salud por parte de los trabajadores, esta regresión está dada por la siguiente ecuación:

$$Y(PA) = 2,39 \pm \sigma * OCRA \quad (1)$$

Donde,  $Y(PA)$  es la variable dependiente y caracteriza la relación entre el número de personas afectadas y el número de personas expuestas de manera individual. Así mismo la desviación estándar de la regresión equivale al 0.14 validado por estudios epidemiológicos desarrollados por Occhipinti y colaboradores (E. Occhipinti & Colombini, 2003) (E. Occhipinti & Colombini, 2004).

Con ello, se ha determinado el porcentaje de padecer una enfermedad de tipo musculoesquelética relacionada por el trabajo en aquellas personas expuestas a tareas



semejantes que demanden los mismos movimientos y esfuerzos de tipo biomecánico (ver Tabla 26).

Usando procedimientos de inferencia estadística, con un nivel de confianza del 90% y percentiles entre el 5 y el 95% de la distribución estandarizada de la variable PA, se ha obtenido los siguientes resultados:

**Tabla 26.** Previsión de WRMSDs a partir del índice OCRA

Índice OCRA Medio		Previsión de WRMSDs % de padecer la enfermedad en un período de 7 a 10 años					
		Derecha			Izquierda		
Derecha	Izquierda	Percentil			Percentil		
		5	50	95	5	50	95
<b>3,3003</b>	<b>2,6430</b>	7,13	7,89	8,65	5,71	6,32	6,92

De esta manera, con el índice OCRA del miembro superior derecho, el porcentaje PA para un percentil 50 equivale a un 7,89%, lo que concluye que por cada 100 personas que desarrollen actividades relacionadas al cultivo de rosas, aproximadamente 8 personas están en riesgo de padecer un trastorno de tipo musculoesquelético debido a la ejecución de acciones técnicas biomecánicas que demandan esta actividad con este miembro superior. De la misma manera sucede con el miembro superior izquierdo donde aproximadamente 6 personas de cada 100 padecerán de MSDs debido al estado actual de la organización del trabajo que incluye métodos y procedimiento que ponen en riesgo la salud de los trabajadores quienes ejecutan esta labor.



# Capítulo

## 7

Análisis factores de la organización del trabajo y los WRMSD

### **7.1. Análisis de eventos**

7.1.1. Efecto parámetro Rotación

7.1.2. Métodos y Procedimientos

7.1.3. Rediseño de Herramientas

### **7.2. Propuesta de acciones técnicas estándar**

### **7.3. Alternativas de Mejora**



El propósito del análisis de la tarea es identificar y caracterizar los rasgos fundamentales de una actividad específica o un conjunto de actividades. Una tarea es "cualquier acción que se tiene que hacer", y generalmente se da en el sentido de una o más funciones que deben llevarse a cabo para lograr un objetivo específico (E Hollnagel, 2006). El análisis de tareas en los últimos años se ha convertido en un conjunto estable de métodos que constituyen una parte esencial de los factores humanos y ergonomía como disciplinas aplicadas. (Y. Engestrom, 2000) (Kleiner, 2006).

El enfoque de la ingeniería en los factores humanos y/o la ergonomía se ha caracterizado por la relación del hombre en el trabajo, y más particularmente el uso humano de la tecnología en el trabajo, aunque a veces puede parecerse más a utilizar la tecnología de los seres humanos. Las tareas se vuelven tan complejas que una persona no puede controlar o comprender todas las acciones que lleva a cabo, esto puede suceder cuando la tarea se vuelve tan grande o lleva tanto tiempo que una sola persona es incapaz de completar toda la secuencia.

Wilson & Corlett (1990) han elaborado un método para integrar la ergonomía en el diseño de procesos de producción. En la Figura 48 se resume el proceso de diseño simplificado y la contribución de la ergonomía. Como se puede observar, se presenta una comprensión más profunda de cómo integrar las consideraciones ergonómicas en los procesos de planificación, ya que incluyen situaciones tales como la recopilación activa de la experiencia, las evaluaciones de los operadores y el establecimiento de grupos de trabajo o comités que participen de manera mucho más activa en el proceso de diseño (Langaa, 2002).

**Figura 48.** Papel de la ergonomía en el proceso de diseño productivo



Adaptado de: Langaa, P. (2002). Human Factors and ergonomics in the planning of production. International Journal of Industrial Ergonomics 29 121-131



Esta asociación puede cuestionar las perspectivas del desarrollo continuo de las herramientas, métodos y procedimientos, sin embargo, a pesar de las recomendaciones para la integración de la ergonomía en el proceso de planificación de los diseños existentes, al parecer carece de un impacto general sobre la forma predominante en la planificación de los cambios tecnológicos y organizacionales de las empresas. En el caso de esta investigación, los problemas de los factores humanos han sido abarcados desde una perspectiva organizativa a fin de proponer mejoras en el diseño de la estación de trabajo y modular la prevalencia de trastornos musculoesqueléticos de origen laboral como se ha mencionado en capítulos anteriores.

## 7.1. Análisis de eventos

Toda compañía que busca el aumento de la eficiencia a través de la reducción del tiempo de fabricación, debe comprender que para lograr este objetivo es necesario la especialización del trabajo (A. Smith, 1776) (Babbage, 1832. Republished in 1971. Digital in 2006) (A. Genaidy, Karwowski, & Christensen, 1999). Los principios de administración científica de Taylor popularizó este concepto y se extendió a través de la especialización laboral de la industria estadounidense y eventualmente a otros países (Taylor, 1911, Digital in 2005). Dentro de las ventajas de la especialización de trabajo se encuentra la disminución del tiempo de aprendizaje y el aumento de las habilidades debido a la repetición, menos cambios de herramientas, y la disminución de residuos (Babbage, 1832. Republished in 1971. Digital in 2006). Para alcanzar estas mejoras, es preciso utilizar metodologías como el análisis de eventos donde se evalúa los efectos de algunos acontecimientos sobre la organización del trabajo. En esta investigación, se ha evaluado el efecto de parámetros como la rotación de puestos de trabajo, los métodos, procedimientos y las herramientas manuales a fin de establecer propuestas de mejora y modular estaciones de trabajo acordes con las exigencias de productividad y condiciones ergonómicas.

### 7.1.1. Efecto parámetro Rotación

Desde el punto de vista organizativo, la rotación del trabajador implica la formación adecuada del operario para desempeñar tareas diferentes, lo que permite a la empresa aumentar la capacidad de los trabajadores para ocupar puestos distintos, minimizando el impacto de una elevada tasa de absentismo, y favoreciendo una mayor flexibilidad ante posibles variaciones en la demanda (Cheraskin & Campion, 1996) (Gittleman, Horrigan, & Joyce, 1998) (Allwood & Lee, 2004). Se consigue, además, que la empresa adquiera un mayor conocimiento sobre las capacidades de sus empleados dado que puede observar su



rendimiento en diversos puestos (Ortega, 2001) (Eriksson & Ortega, 2006); reducir la monotonía en el trabajo diario y alternar o balancear entre los diferentes tipos de cargas mecánicas que se presentan en la actividad (Paul, Kuijer, Visser, & Kemper, 1999).

De esta manera, la rotación del puesto de trabajo supone un cambio en la organización del trabajo de las empresas, sin embargo, se han encontrado problemas derivados de la implantación de un sistema de rotaciones tales como posibles problemas prácticos asociados al traslado físico desde un puesto de trabajo a otro; negativa de los operarios a ceder su trabajo a otros compañeros; la dificultad de determinar los trabajos adecuados a incluir en la rotación o la utilización inadecuada de las rotaciones por los gestores con objetivos meramente productivos u organizativos (MacLeod & Kennedy, 1993) (Schneider et al., 2005). Estas implicaciones son comúnmente mencionadas debido a que el enfoque de la rotación es llevado a la dimensión neta de producción y no a la minimización de la carga física biomecánica. La unión entre organización del trabajo y ergonomía raramente ha estado presente en las organizaciones, pero por el contrario si se han observado interacciones significativas entre ambos tipos de actuaciones con resultados evidentemente positivos (Schneider et al., 2005).

En la actualidad, destacan los estudios centrados en la aplicación de la rotación entre trabajos como mecanismo de prevención de los trastornos musculoesqueléticos (Paul et al., 1999) (Frazer et al., 2003) (Kuijer, van der Beek, van Dieen, Visser, & Frings-Dresen, 2005). Es por ello que la rotación de puestos es una forma de organización del trabajo cuyos objetivos, cada vez más, se encaminan hacia la mejora de las condiciones laborales y de salud de los trabajadores, o lo que es equivalente, hacia la mejora de las condiciones ergonómicas de éstos, frente a otras motivaciones como el aumento de la productividad, la calidad o la eficiencia. La efectividad de la rotación en el trabajo desde un punto de vista ergonómico depende en parte de qué tan bien los factores de estrés biomecánico se equilibran a través de partes del cuerpo. Si un trabajador cambia de posición un trabajo que pone excesivo estrés de otro trabajo que también expone altos grados de tensión, el esquema de rotación puede ser ineficaz en el control del riesgo de lesiones (Jorgensen et al., 2005).

A continuación, como parte del cumplimiento de los objetivos trazados para esta investigación, se ha propuesto una metodología para la optimización de sistemas de rotaciones que involucren los esfuerzos físicos biomecánicos presentes en las tareas de cosecha de rosas. Este modelamiento ha intentado atender problemas de asignación de personal que permita minimizar el esfuerzo a partir de los índices OCRA para cada una de las tareas descritas en el proceso.



#### 7.1.1.1. Propuesta de un modelo de optimización para la implementación de agendas de rotaciones.

En el trabajo, el problema de asignación de tareas presenta una gran diversidad de características, las cuales son definidas por factores como la ley laboral, el tipo de personal, los contratos colectivos, naturaleza de las tareas, flexibilidad de la organización, los indicadores de productividad entre otros (Rodríguez & Coves, 2005) (Oncan, 2007). La situación actual de las empresas floricultoras en asignar las tareas a los trabajadores se encuentra relacionado netamente con los niveles de producción y desarrollo de actividades que proporcionen un cubrimiento semanal a todas las tareas pertenecientes al área de cosecha, aun cuando cada una de ellas posee criterios específicos como su duración, frecuencia y el esfuerzo que ella demanda.

Luego de realizar la revisión de las actividades y obtener un índice de esfuerzo debido a la carga física biomecánica demandada (índice OCRA), se propone entonces incluir estos niveles como un parámetro que debe ser considerado a la hora de resolver problemas de asignación de personal. A través de esta investigación se proyecta generar un acercamiento al modelamiento de agendas de rotación cuya finalidad es seguir cumpliendo con las demandas de producción e intentar minimizar el esfuerzo como principal indicador de gestión de productividad y aseguramiento de la salud y prevención de riesgos por carga física biomecánica.

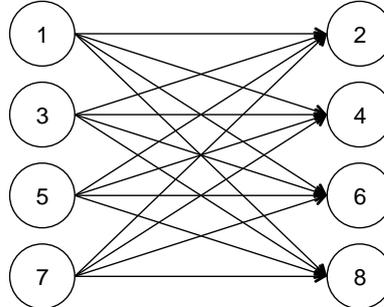
La mayoría de los trabajos de investigación en la literatura de planificación de personal implican procedimientos exactos o heurísticos para la construcción de una agenda de administración de personal. Algunos de estos procedimientos son denominados modelos de programación de redes (Eren & Bayhan, 2007) (Hsie, Wen-ta., Tao-ming., & Hsieh-ching., 2009) (Maravelias & Sung, 2009) (Kyriakidis, G., & Georgiadisa, 2012).

Dentro de la familia de redes de los problemas de optimización se incluye aquellos prototipos donde los modelos son representados para atender problemas de asignación, rutas críticas, flujos máximos, el camino mas corto, actividades de transporte y costo mínimo de flujos. Estas redes, son establecidas por un conjunto de puntos y un conjunto de líneas que unen ciertos pares de puntos, estos puntos son denominados nodos (o vértices) y las líneas denominadas arcos (Taha, 2010). Por ejemplo, en la Figura 49, se representa una red donde existen ocho nodos relacionados a través de diez y seis arcos. Así mismo, es necesario mencionar la terminología de los flujos en la red, donde existe un nodo fuente (o origen) el cual tiene la propiedad de que el flujo que sale debe ser mayor al flujo que entra a él. El caso



opuesto es el nodo demanda (o nodo destino) donde el flujo de llegada debe exceder al flujo que sale de él. Finalmente un nodo de trasbordo (o intermedio) debe garantizar la conservación del flujo, y que nada se quede en él, es decir, que la diferencia entre lo que entra a él y lo que sale de él debe ser cero.

**Figura 49.** Esquema de un modelo basado en una estructura de redes



De manera inicial, los tratamientos de esta investigación se relacionan con mayor afinidad a un problema de programación de tareas basado en una estructura de redes debido a que varios trabajadores deben realizar distintas tareas del cultivo, sin embargo, de manera adicional, cabe mencionar que este problema presenta un conjunto adicional de restricciones que serán tratadas de manera iterativa mediante la aplicación de la heurística el cual debe seguir con un procedimiento que permita simular el objeto de estudio y ofrezca un modelo que cumpla con las expectativas esperadas. Este procedimiento inicia con formulación y delimitación del problema a resolver, luego establecer las variables, recursos y disponibilidades necesarias para realizar el modelamiento. Una vez parametrizado el modelo se ha procederá a su resolución y posterior validación.

Planteamiento del problema: el problema radica en generar una agenda de rotaciones que incluya como parámetros la producción y la minimización del esfuerzo entre las tareas del área de cultivo.

Modelamiento: En el problema presentado, existe un número de trabajadores y un número de tareas. Cualquier trabajador puede ser asignado para desarrollar cualquier tarea, en este caso, contrayendo algún esfuerzo que puede variar dependiendo de la tarea asignada. No todas las tareas se deben realizar en un solo día de trabajo pero en el caso de la tarea de corte, esta debe ser realizada todos los días la semana teniendo como horizonte de planificación los seis días comprendidos entre el lunes y el sábado (una restricción del modelo). De igual manera, debido a que el parámetro de modelamiento es el índice OCRA, este modelamiento requiere como disponibilidad del trabajador que la duración neta del trabajo considerado como repetitivo sea a lo sumo lo establecido por este sistema de medición.



Para este caso, se ha establecido un número de 19 trabajadores que ha sido el mayor valor observado dentro de las empresas participantes, un número de seis días correspondiendo a la semana a programar, los índices OCRA obtenidos para estas tareas y la duración neta de trabajo repetitivo que también ha sido arrojada por la aplicación del método. Con respecto a las tareas, se ha optado por no incluir las tareas las actividades 4, 9 y 10 debido a que dichas tareas solo fueron registradas en una empresa participante por lo cual no se consideran variables en otras empresas quedando excluidas de la parametrización. Después de esta depuración, se ha realizado una recodificación de las tareas a fin de interpretar de manera correcta los resultados que arroje el sistema de modelamiento matemático 'GAMS' referente al modelo de Programación de Tareas basado en la Estructura de Redes (PTER). La codificación de las tareas para el modelo con un conjunto adicional de restricciones ha quedado evidenciado en la siguiente tabla (ver Tabla 27).

**Tabla 27.** Codificación de las tareas para la inclusión en la PTER

	<b>Tarea</b>	<b>T</b>
1	Agobio	<b>1</b>
2	Bajar cortinas	<b>2</b>
3	Barrer	<b>3</b>
5	Control de hierbas	<b>4</b>
6	Desbotone	<b>5</b>
7	Descabece	<b>6</b>
8	Desenmalle	<b>7</b>
11	Enmalle	<b>8</b>
12	Erradicación	<b>9</b>
13	Escarificar / Trinchar	<b>10</b>
14	Poda o programación	<b>11</b>
15	Riego	<b>12</b>
16	Sacar basura	<b>13</b>
17	Selección y corte	<b>14</b>

Así, se propone un modelo de flujo en redes de múltiples productos para la asignación y secuenciación de las tareas de cosecha de rosas para cada uno de los seis días de la semana laboral en donde los trabajadores fueron modelados como los productos a ser enviados a través de la red, la tarea 14 fue modelada como el nodo de origen para cada uno de los 6 días laborales de la semana con una capacidad de suministro correspondiente al número de trabajadores, las tareas uno a 13 fueron representadas con nodos intermedios y la finalización de la jornada laboral se modeló con un nodo terminal. Los costos asociados a los arcos de la red se utilizaron para modelar los cambios en los esfuerzos obtenidos a través del método OCRA al cambiar de una tarea a otra. Con ello, el modelo ha sido parametrizado con los siguientes criterios:

*I: conjunto de trabajadores ( $i = 1, 2, \dots, 19$ )*

*J: tarea Inicial ( $j = 1, 2, \dots, 14$ )*

*K: tarea Destino ( $k = 1, 2, \dots, 14$ )*



$L$ : días de la semana ( $l = 1, 2, \dots, 6$ )

$F_j$ : número de veces que ha de realizarse la tarea  $j$  por semana ( $j = 1, 2, \dots, 14$ )

$E_{jk}$ : esfuerzo de pasar de una tarea  $j$  a la tarea  $k$  ( $j = 1, 2, \dots, 14$ ;  $k = 1, 2, \dots, 14$ )

$A_j$ : duración de cada tarea inicial  $j$  ( $j = 1, 2, \dots, 14$ )

$A_k$ : duración de cada tarea final  $k$  ( $k = 1, 2, \dots, 14$ )

$\beta_k$ : es el conjunto de las tareas predecesoras de la tarea  $k$  ( $k = 1, 2, \dots, 14$ )

$\alpha_k$ : es el conjunto de las tareas sucesoras de la tarea  $k$  ( $k = 1, 2, \dots, 13$ )

Estos criterios han sido planteados a través del siguiente planteamiento matemático:

$$Max Z = \sum_{i=1}^{19} \sum_{l=1}^6 \sum_{j=1}^{14} \sum_{k=1}^{14} E_{jk} X_{ijkl} \tag{2}$$

Sujeto a las siguientes restricciones:

$$\sum_{l=1}^6 \sum_{j=1}^{14} \sum_{k=1}^{14} (A_j + A_k) * X_{ijkl} \leq 250 \tag{3}$$

$$\sum_{l=1}^6 \sum_{k=1}^{14} \sum_{i=1}^{19} X_{ijkl} = F_j \quad \forall j = 1, 2, \dots, 13 \tag{4}$$

$$\sum_{k \in \alpha_{14}} X_{i14kl} = 1 \quad \forall i = 1, 2, \dots, 19; \forall l = 1, 2, \dots, 6 \tag{5}$$

$$\sum_{k \in \alpha_j} X_{ijkl} - \sum_{k \in \beta_j} X_{ikjl} = 0 \quad \forall j = 1, 2, \dots, 13 \tag{6}$$

$$\sum_{j \in \beta_s} X_{ijst} = 1 \quad \forall i = 1, 2, \dots, 19; \forall l = 1, 2, \dots, 6 \tag{7}$$

Dónde:

$$X_{ijkl} = \begin{cases} 1 & \text{si el trabajador } i \text{ hace la tarea } j, \text{ luego hace la tarea } k, \text{ en el día } l \\ 0 & \text{de cualquier otro modo} \end{cases}$$

$E_{jk} = A^{n \times n}$  matriz relacionada a los esfuerzos de pasar de una tarea  $j$  a la tarea  $k$

Tabla 28. Matriz de variación del índice OCRA  $E_{jk}$

$j$	$k$	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
		1,1	0,0	6,1	3,5	3,4	1,7	0,0	4,1	3,4	6,5	1,3	2,3	0,2
T1	1,1	0,0	1,1	-5,0	-2,4	-2,3	-0,5	1,1	-3,0	-2,2	-5,3	-0,2	-1,2	0,9
T2	0,0	-1,1	0,0	-6,1	-3,5	-3,4	-1,7	0,0	-4,1	-3,4	-6,5	-1,3	-2,3	-0,2
T3	6,1	5,0	6,1	0,0	2,6	2,7	4,5	6,1	2,0	2,8	-0,3	4,8	3,8	5,9
T4	3,5	2,4	3,5	-2,6	0,0	0,0	1,8	3,5	-0,7	0,1	-3,0	2,2	1,2	3,3
T5	3,4	2,3	3,4	-2,7	0,0	0,0	1,8	3,4	-0,7	0,1	-3,0	2,1	1,1	3,2
T6	1,7	0,5	1,7	-4,5	-1,8	-1,8	0,0	1,7	-2,5	-1,7	-4,8	0,3	-0,7	1,5
T7	0,0	-1,1	0,0	-6,1	-3,5	-3,4	-1,7	0,0	-4,1	-3,4	-6,5	-1,3	-2,3	-0,2
T8	4,1	3,0	4,1	-2,0	0,7	0,7	2,5	4,1	0,0	0,8	-2,3	2,8	1,8	3,9
T9	3,4	2,2	3,4	-2,8	-0,1	-0,1	1,7	3,4	-0,8	0,0	-3,1	2,0	1,0	3,1
T10	6,5	5,3	6,5	0,3	3,0	3,0	4,8	6,5	2,3	3,1	0,0	5,1	4,1	6,2
T11	1,3	0,2	1,3	-4,8	-2,2	-2,1	-0,3	1,3	-2,8	-2,0	-5,1	0,0	-1,0	1,1
T12	2,3	1,2	2,3	-3,8	-1,2	-1,1	0,7	2,3	-1,8	-1,0	-4,1	1,0	0,0	2,1
T13	0,2	-0,9	0,2	-5,9	-3,3	-3,2	-1,5	0,2	-3,9	-3,1	-6,2	-1,1	-2,1	0,0
T14	2,9	1,7	2,9	-3,2	-0,6	-0,6	1,2	2,9	-1,3	-0,5	-3,6	1,6	0,5	2,7



Esta matriz (ver Tabla 28), corresponde entonces a los aumentos o disminuciones de los índices OCRA para el miembro superior derecho cuando el trabajador pasa de una tarea a otra. Esta expresión ha sido representada para todas las tareas con la siguiente expresión matemática:

$$E_{jk} = Ocra j - Ocra k \quad (8)$$

Por ejemplo, si el trabajador se encuentra en la tarea 3 cuya valoración es de 6.1 (presencia alta de riego) y pasa a realizar la tarea 5, el trabajador sufre una disminución de la exposición debido a que la tarea cinco tiene una valoración menor y por tanto su exposición. Caso contrario cuando se encuentra en una tarea de valoración baja y pasa a una de mayor intensidad por ejemplo de pasar de la tarea 2 a la 3, el valor negativo explica la existencia de una penalización pues pasa de una valoración intermedia (amarillo) a una valoración de mayor riesgo (rojo). Con ello al colocar la variable  $E_{(jk)}$  como coeficiente de la variable  $X_{(ijkl)}$  sobre la función objetivo se está garantizando una maximización en la disminución del esfuerzo entre las tareas que en términos generales se logra una minimización del esfuerzo.

Como parte de la propuesta metodológica para el desarrollo del modelamiento, el primer paso consistió entonces en determinar si las duraciones netas del trabajo repetitivo  $A_{(j)}$  para cada una de las tareas poseen diferencias significativas entre sus medias y si estos valores pueden ser considerados e incluidos en el planteamiento.

Ante ello, se ha aplicado un análisis de varianza a través de una prueba para los efectos inter-sujetos, en donde se ha determinado las variables dependientes como aquellas variables respuesta que se desea analizar, en este caso se determina la variable dependiente la duración neta del trabajo repetitivo; así mismo, se han determinado los factores fijos que son aquellos factores cuyos efectos de los niveles se quieren estudiar de manera precisa, en esta investigación los factores fijos fueron los trabajadores y las diferentes tareas del proceso de cosecha de rosas. La intención de esta prueba es conocer si existen diferencias entre los trabajadores que realizaron la misma actividad así como las diferencias entre las tareas.

El análisis de esta prueba implica que si la significación de los factores es menor al 0,05 existen diferencias significativas de los factores fijos descritos. En este caso, se interesa investigar la diferencia entre los tratamientos, luego, las hipótesis planteadas a este problema en específico son las siguientes:



$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 \dots \mu_{14}$$

$H_1$ : Al menos una de las medias no sea igual

La prueba fue analizada estadísticamente utilizando la distribución F para la comparación de medias y los resultados han sido interpretados a través del paquete estadístico SPSS (versión 20) arrojando los siguientes resultados (ver Tabla 29):

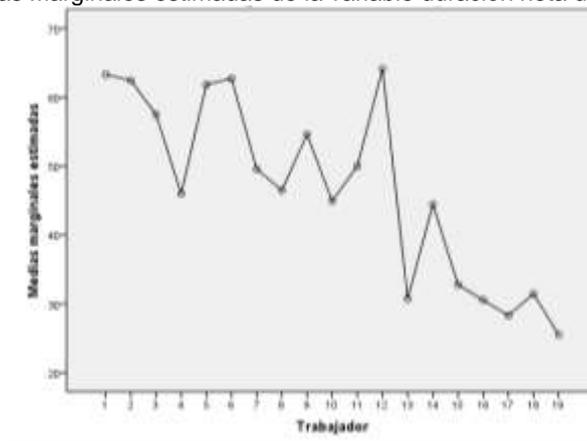
**Tabla 29.** Pruebas de los efectos inter-sujetos

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Significación
Modelo	4,932E6 (a)	32	154134,979	46,619	,000
Trabajador	69307,983	18	3850,444	1,165	,285
Tarea	1815596,445	13	139661,265	42,241	,000
Error	2324329,679	703	3306,301		
<b>Total</b>	<b>7256649,000</b>	<b>735</b>			

Variable dependiente: Duración neta del trabajo repetitivo  
a R cuadrado = ,680 (R cuadrado corregida = ,665)

Como se puede observar, en la prueba de significación, la duración de las tareas presentó diferencias significativas en las catorce actividades seleccionadas, sin embargo entre los trabajadores, la significancia fue de 0,0285, por tanto, en el caso de la agrupación por trabajador, no es posible rechazar la hipótesis de nulidad y se asegura que las duraciones escogidas para la realización del método OCRA no presentan diferencias entre sus medias. A continuación se presentan las medias marginales estimadas para la variable duración neta del trabajo repetitivo por trabajador, la gráfica de perfil del factor duración muestra como las medias marginales estimadas han disminuido a través de los trabajadores participantes.

**Figura 50.** Medias Marginales estimadas de la variable duración neta del trabajo repetitivo



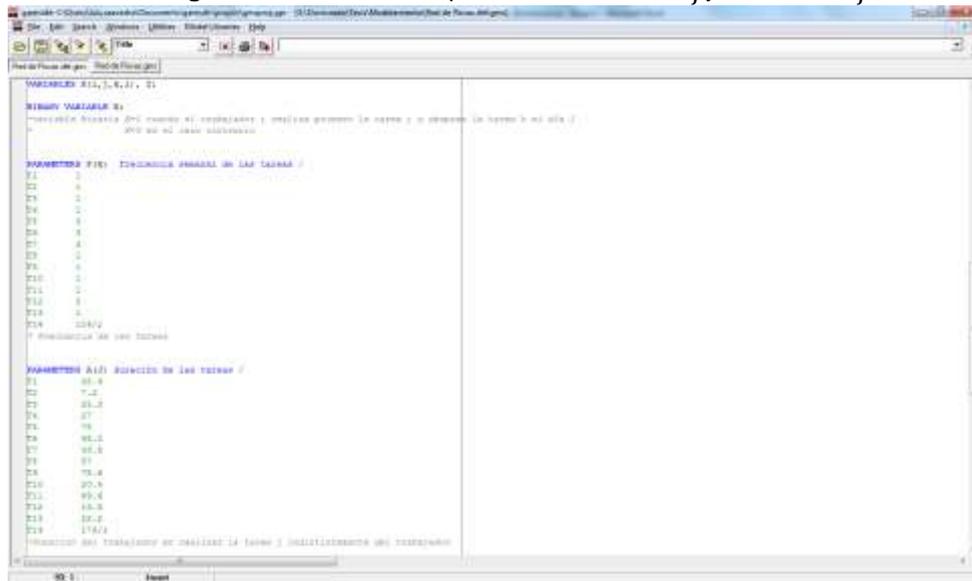
De la misma manera, se realizaron las comparaciones múltiples para conocer las diferencias entre todas las tareas, en este caso cuando en el intervalo de confianza no se encuentra el cero, (límite inferior y superior) se corrobora la diferencia entre las actividades. La tarea de selección y corte de rosas (tarea 14) presentó diferencias con todas las demás tareas. Esta





Con ello, se ha procedido a declarar las variables y parámetros del problema, primero las variables  $X_{(ijk)}$  de tipo binario y la Variable Z, esta última es la función objetivo del modelo y cuya finalidad es maximizar la relación entre  $E_{(jk)}$  y  $X_{(ijk)}$ . Posteriormente se han delimitado los parámetros  $A_{(j)}$  que representa la duración de las 14 tareas, la Matriz  $E_{(jk)}$  descrita con anterioridad y el parámetro  $F_{(k)}$  que corresponde a la frecuencia semanal de cuando se cumple las tareas, es decir si  $F_{(k)}=6$  la tarea debe realizarse todos los días y una vez que ha cumplido esta frecuencia ya no es necesario que el modelo vuelva a entrar a esta tarea pues la frecuencia ya fue cumplida (ver Figura 52).

Figura 52. Sintaxis de los parámetros duración  $A_j$  y frecuencia  $F_j$



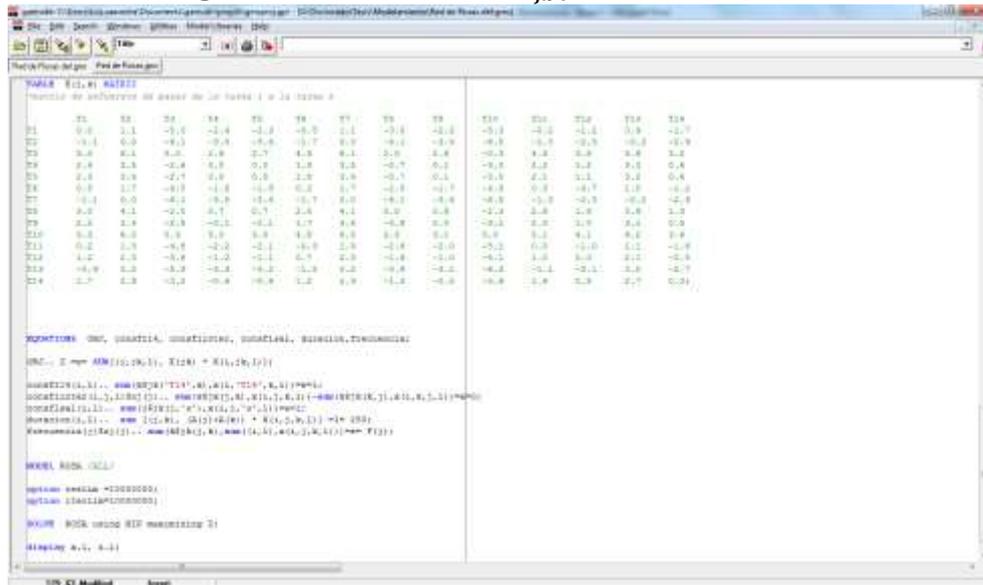
Fuente: El autor

Este planteamiento matemático, ha sido delimitado por un conjunto de restricciones adicionales que deben cumplir con las descripciones del problema, en este caso se tuvieron en cuenta cinco ecuaciones e inecuaciones que se relacionan con el paso entre las actividades, la frecuencia y la duración de las tareas dentro de la jornada laboral. La ecuación (3) de la presente investigación, tiene como objeto garantizar que la suma de todas las duraciones de las tareas realizadas por día no excedan la capacidad máxima de trabajo neto de trabajo repetitivo definida por el método OCRA como 250 minutos (ver Figura 53).

De igual manera, se ha realizado la restricción de la frecuencia de las tareas, en la cual se plantean las sumatorias de todos los trabajadores, todos los días que garanticen la frecuencia establecida para el desarrollo de las tareas, en el caso de las tareas 5, 6, 7 por ejemplo la frecuencia es 3 veces por semana, por tanto, el modelo debe garantizar que todas las tareas se realicen exactamente el número de frecuencia reflejado en el parámetro  $F_{(j)}$



Figura 53. Sintaxis de la Matriz  $E_{jk}$  y las ecuaciones del modelo



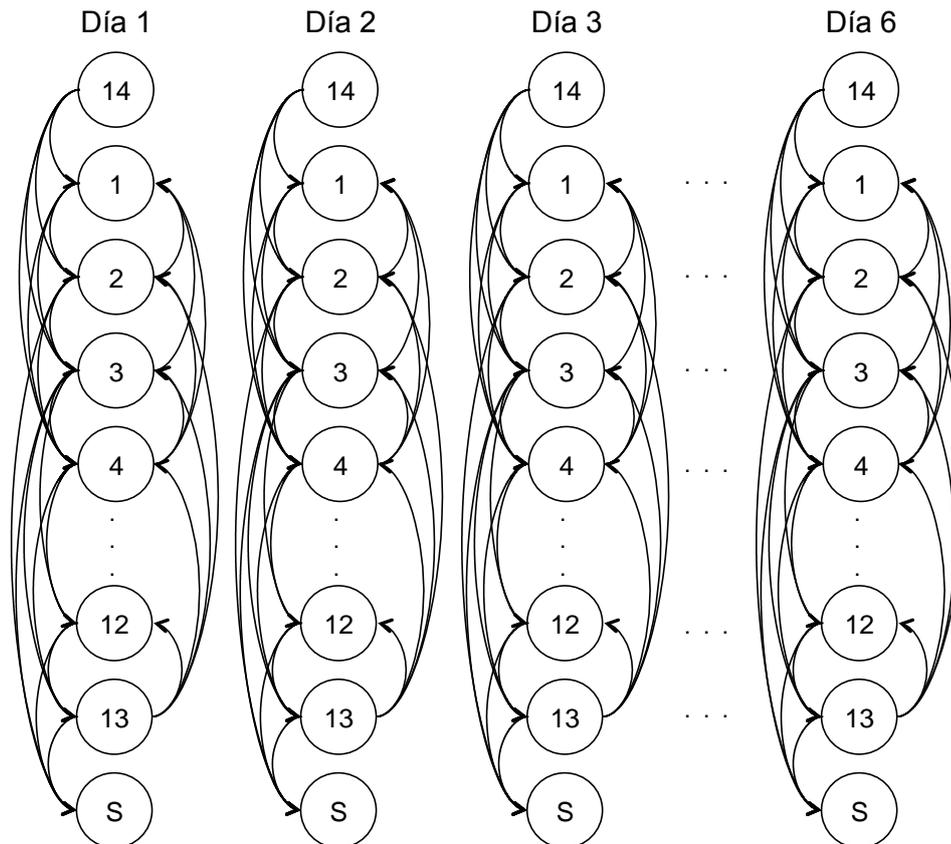
Fuente: El autor

Las siguientes ecuaciones son denominadas ecuaciones de conservación de flujo, las cuales deben garantizar el cumplimiento de todas las tareas todos los días. Ante ello, de manera inicial, se ha planteado el tener en cuenta la restricción de que todos los operarios deben realizar la tarea de selección y corte de rosa (tarea 14) al inicio de la jornada y que esta representa el inicio de la iteración. De allí se han establecido las tres posibles posiciones tal como lo muestra la Figura 54 relacionando el inicio desde la tarea 14, los nodos intermedios comprendidos entre 1 y 13 y un nodo final denominado con la letra 's'.

Esta primera ecuación de conservación, se ha establecido como "consfl14" (**conservación de flujo de la tarea 14**) la cual es una sumatoria sobre todos los subconjuntos de  $jk$  tales que el inicio de las tareas siempre sea desde la tarea 14; la ecuación "consflinter" (**conservación de flujo tareas intermedias**) es la ecuación asociada al flujo entre las tareas 1 y 13. Esta ecuación deberá garantizar que ningún trabajador se debe quedar eternamente en la tarea por tanto la diferencia entre el flujo de entrada y el flujo de salida debe ser igual a cero para garantizar esta condición.



Figura 54. Representación gráfica de los nodos de conservación de flujo.



Fuente: El autor

Finalmente como último paso de la delimitación del modelo, se ha delimitado la ecuación “consflsal” (**conservación de flujo de salida**) se refiere al flujo de salida, el cual si el trabajador llega a esta iteración ‘s’ se entenderá que el trabajador sale el sistema y se da por terminado el turno debido a que ya ha cumplido los 250 minutos de duración neta de trabajo repetitivo establecido por el método OCRA.

#### 7.1.1.3. Resultados Obtenidos del modelo PTER

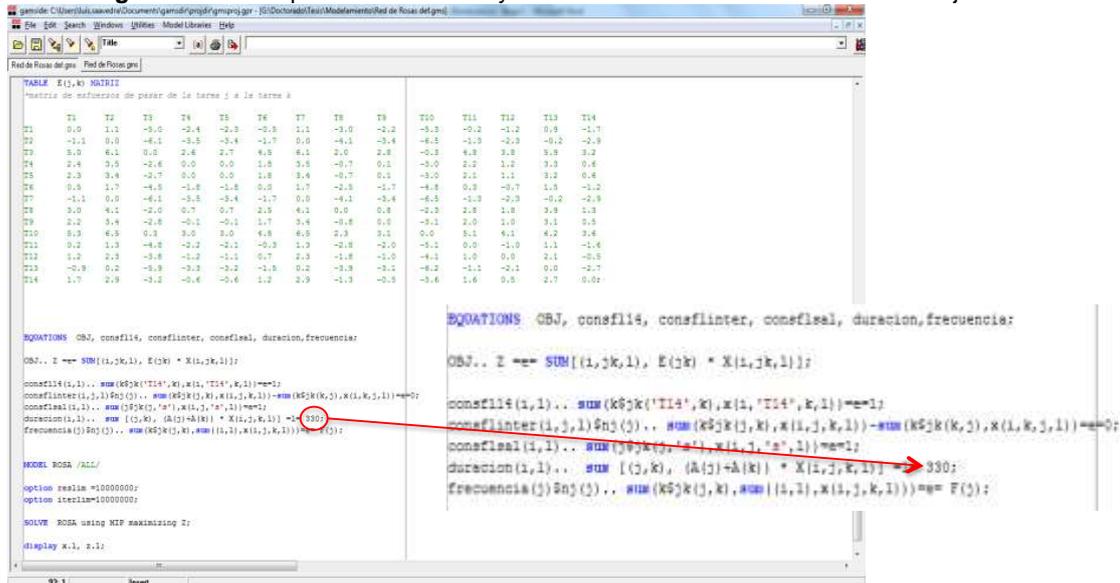
De manera inicial, al realizar la compilación del modelo con los parámetros actuales, se ha encontrado que el modelo de PTER resulta infactible, luego de una revisión exhaustiva de las restricciones planteadas se ha encontrado que la suma de las duraciones de cada una de las actividades de cosecha hace que la jornada de trabajo netamente repetitivo supere los 250 minutos obtenidos en el método OCRA una vez se han extraído de la duración total del turno, las pausas oficiales, las pausas para comer y el tiempo que NO se ha considerado como repetitivo, así como pausas no oficiales (desplazamientos dentro de la finca, ir al baño, ir a tomar refrigerio, ir a hidratarse) que representan el restante de los 480 minutos que representa la jornada laboral. Al realizar las entrevistas con los jefes de producción de las fincas



participantes, en términos generales, han comentado que los tiempos muertos no medidos en la jornada pueden llegar entre 60 y 80 minutos.

Inicialmente este dato fue obtenido como un tiempo inadvertido debido a que este se ha considerado como un momento de descanso al no tener una carga física biomecánica asociada a la repetitividad, y que el aspecto a revisar fuese enfocado netamente al trabajo repetitivo de la tarea, sin embargo, el modelo ha arrojado que estos tiempos, denominados por muchos 'tiempos muertos', pueden hacer que el modelo trascienda de su infactibilidad a una posible solución óptima. En tal caso, el hallazgo encontrado al aplicar el modelo PTER ha sido precisamente el revisar las condiciones de estos tiempos repetitivos pues se ha intentado en reiterativas ocasiones disminuir este tiempo, pero, el modelo ha descrito que para que todas las actividades sean desarrolladas y se garantice la minimización del esfuerzo entre las tareas de cosecha de rosas, el tiempo neto de trabajo repetitivo debe ser mínimo de 330 min con las ecuaciones de conservación de flujo que ofrece el modelo sugerido (ver Figura 55), a fin de responder a los criterios biomecánicos descritos en esta investigación y los parámetros de productividad que requieren las empresas del sector.

Figura 55. Nuevo planteamiento incluyendo la restricción de conservación de flujo a 330min



Fuente: El autor

El modelo entonces, ha propuesto que esta duración neta de trabajo repetitivo deba ser revisada para cada una de las tareas del proceso de cosecha de rosas, por cuanto en muchas ocasiones estos tiempos muertos no han sido medidos o controlados a fin de determinar los tiempos límites a los cuales estos pueden ser sometidos sin dificultar la operación normal del proceso. A continuación en la Tabla 30 se presenta el esquema de rotación sugerido



Tabla 30. Agenda propuesta de rotación de trabajadores con criterios ergonómicos

Trabajador	J	K	Lun	Mar	Mie	Jue	Vie	Sáb
1	T14	S			1	1	1	1
	T14	T11	1					
	T11	S	1					
	T14	T5		1				
2	T5	S		1				
	T14	S	1	1		1		1
	T14	T7			1			
	T7	S			1			
3	T14	T2					1	
	T2	S					1	
	T14	S	1	1	1		1	
	T14	T5				1		1
4	T5	S				1		1
	T14	S	1	1	1	1	1	1
5	T14	S	1	1	1	1	1	1
6	T14	S	1	1	1	1	1	
	T14	T8						1
	T8	T12						1
	T12	S						1
7	T14	S	1	1	1	1	1	1
8	T14	S		1	1	1	1	1
	T14	T7	1					
	T7	S	1					
9	T14	S			1	1	1	1
	T14	T13		1				
	T13	S		1				
	T14	T4	1					
	T4	T12	1					
10	T12	S	1					
	T14	S	1	1	1	1	1	1
11	T14	S	1	1	1	1	1	1
12	T14	S	1	1	1	1	1	1
13	T14	S	1		1	1	1	1
	T14	T9		1				
	T9	S		1				
14	T14	S	1	1	1	1	1	1
15	T14	S	1		1	1	1	1
	T14	T3		1				
	T3	T1		1				
	T1	S		1				
16	T14	S	1	1	1	1	1	1
17	T14	S	1	1				1
	T14	T6			1	1	1	
	T6	S			1	1	1	
18	T14	S	1	1	1	1	1	1
19	T14	S	1	1		1	1	1
	T14	T10			1			
	T10	T7			1			
	T7	S			1			

Como se puede observar, el esquema de rotación implica que el trabajo j siempre empieza en '14' y la tarea k termina en 's', ya sea de manera directa o cuando pasa por alguna de las tareas que deben ser realizadas, por ejemplo en el caso del trabajador 1, el lunes primero realiza la tarea 14 (selección y corte de rosas) luego pasa a la tarea 11 (poda) y de allí salta al ítem 's' dando por concluido la jornada. En el caso de los días miércoles, jueves, viernes y sábado, para este mismo trabajador, la única actividad que realiza es la tarea 14 y de allí se da por concluido el tiempo de trabajo repetitivo para ese trabajador, ese día.





### 7.1.2. Métodos y Procedimientos

Desde la perspectiva de la ingeniera industrial, los métodos y procedimientos son aquellos llamados instrumentos de impacto a la hora de optimizar una tarea. El estudio del “cómo” deben realizarse los sucesos implica el repensar si lo que se está concibiendo hasta el momento es la mejor alternativa para solucionar el problema. Ante la problemática de la prevalencia de los MSDs debido a los métodos utilizados en la cosecha de la rosa, una de las empresas del estudio ha optado por implementar un plan de ambidiestralidad dejando en claro que desde amarrarse los zapatos hasta los aplausos al final de un seminario, la coordinación bimanual juega un papel importante en nuestras actividades diarias y que esta coordinación bimanual puede hacer que el trabajador intercambie con facilidad de mano al desarrollar una actividad reduciendo el esfuerzo del miembro superior dominante.

Está claro que el acoplamiento que existe entre las manos pueden ser modificados por la formación y la práctica, sin embargo, aunque el aprendizaje y la adaptación en la coordinación bimanual, son fenómenos que se han observado, no se han estudiado en el contexto del control interno de adaptación y representaciones de enfoques que se han empleado con éxito en el ámbito de llegar a los movimientos y la adaptación a las perturbaciones del factor fuerza (Klaiman & Karniel, 2006).

Es por ello que esta alternativa debe ser revisada con mayor detenimiento pues en vez de generar una solución podría estar colocando en riesgo ambos miembros superiores incrementando la prevalencia de un MSD en aquella mano que no es dominante debido a que no posee ni el entrenamiento ni la fuerza requerida para desarrollar la actividad, es necesario establecer un grupo objetivo que cumpla con otras características para generar un estudio de casos a fin de rechazar o aceptar la hipótesis de esta alternativa.

En caso de se aplicarse esta alternativa, es necesario contar con el tiempo de aprendizaje que debe tener en cuenta para ejercitar la mano a fin de que pueda establecerse como apta para la tarea, para ello se propone utilizar la curva de aprendizaje propuesta por Hermann Ebbinghaus (1885) donde aplica la siguiente formula:

$$Y_x = Kx^{\log_2 b} \quad (9)$$

donde:

$K$  = número de horas para producir la primera unidad.

$Y_x$  = número de horas para producir la  $x$ -ésima unidad.

$x$  = número de la unidad.

$b$  = porcentaje de aprendizaje



Con ello, puede deducir el tiempo que la mano no dominante se tarde en adaptarse a su nueva condición tomando en cuenta el tiempo que tarda en hacer su primera actividad y el tiempo que tardará en ejecutar la x-ésima actividad.

### 7.1.3. Rediseño de Herramientas

El rediseño de herramientas es una de las principales alternativas propuestas por la literatura científica a la hora de intentar disminuir la prevalencia de los MSD, sin embargo en el sector floricultor hasta hace algunos años los rediseños implicaban cambios inferiores a los que requiere la tarea, pues no se consideraba como parámetro directo de la producción, estos prototipos adicionalmente crean mayores dificultades a sus usuarios por lo cual son rechazados de manera frecuente. Sin embargo, en un estudio desarrollado por Córdoba y colaboradores en el 2009 (ver Figura 57), se ha elaborado una herramienta que fue concebida con nuevos parámetros de diseño y ergonomía incluyendo la antropometría Colombiana para el diseño del mango y otras especificaciones de la tijera (Cordoba, Fajardo, Quintana, & Hilarion, 2009).

Esta herramienta un año mas tarde ha sido validada en un estudio desarrollado por la Pontificia Universidad Javeriana donde se aplicó una comparación de varios factores entre la tijera convencional utilizada en la industria floricultora (tijera Felco-2®) y este prototipo. En dicha investigación se emplearon parámetros como la comodidad, el esfuerzo, la usabilidad, la carga postural y la actividad muscular, para establecer si el nuevo prototipo cumple con las especificaciones de los usuarios finales.

**Figura 57.** Rediseño de la tijera de corte.



Adaptado de: Design of Ergonomically Efficient Rose-Pruning Tool. Córdoba et al. IEA Congress. (2009)

El estudio concluye “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 promisorios, 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” (Berrio-García, 2011). Por lo cual es un proceso que aún existe mucho potencial para llegar a la herramienta “ideal” para el corte de rosas, dicho rediseño aún debe contemplar la repetitividad en el corte como el principal parámetro de prevalencia de un MSD, aspecto que debe ser visto en relación con la organización de la jornada y la duración de la misma.

## 7.2. Propuesta de acciones técnicas estándar

La estandarización de las actividades implica un logro importante en un comportamiento estable que permita generar productos o servicios de una calidad homogénea y con un alto grado de confiabilidad, permitiendo así, la inferencia de estos procedimientos sobre todas las tareas inmersas en el lugar de trabajo. Esta es la definición tradicional de estandarización de tareas o proceso, sin embargo, para el caso de la ergonomía implica además de todo lo mencionado, la inclusión del factor humano en búsqueda de la minimización de los movimientos entendiéndose este concepto como la “economía de movimientos”.

En el caso de las actividades relacionadas con la tarea de cosecha de rosas, luego de una revisión de todos los diagramas bimanuales referente a cada actividad del proceso, se ha propuesto las siguientes acciones técnicas estándar a fin de minimizar el número de acciones desarrolladas por cada actividad.

**Tabla 31.** Descripción de las acciones técnicas estándar

<b>Acción Técnica Estándar (ATE)</b>	<b>Descripción</b>	<b>Ilustración</b>
<b>Alcanzar</b>	Extender el miembro superior hasta llegar al objeto deseado.	
<b>Coger</b>	Tomar o apresar un objeto con la mano cuando esta tiene un tipo de agarre en grip.	
<b>Cortar</b>	Dividir un objeto o separar sus partes con algún instrumento cortante.	
<b>Doblar</b>	Torcer el objeto a fin de encorvarlo sobre su propio eje	



Acción Técnica Estándar (ATE)	Descripción	Ilustración
<b>Halar</b>	Una vez alcanzado el objeto, tirar de él para acercarlo al lugar destino.	
<b>Soltar</b>	Abrir la mano para dejar ir o dar libertad al objeto que estaba detenido o sujeto	
<b>Sostener</b>	Mantener un objeto en un medio o en un lugar, sin dejarlo caer o desplazarse.	
<b>Mover</b>	Hacer que un objeto deje el lugar o espacio que ocupa y pase a ocupar otro	
<b>Quitar</b>	Sacar con fuerza un objeto del lugar al que está adherido o sujeto	Ver COGER y HALAR
<b>Girar</b>	Mover un objeto alrededor de un punto o de un eje.	Ver DOBLAR.
<b>Arrastrar</b>	Llevar o mover rasando el suelo, o una superficie cualquiera.	Ver MOVER.

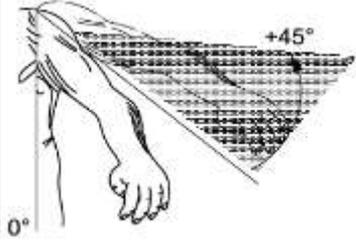
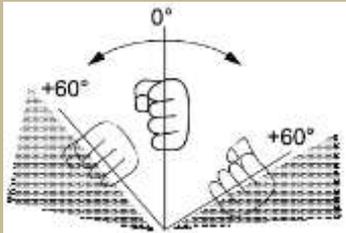
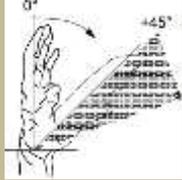
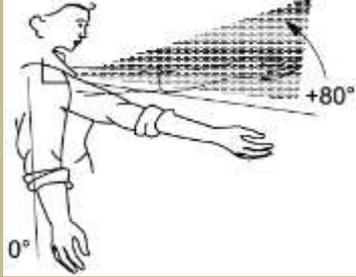
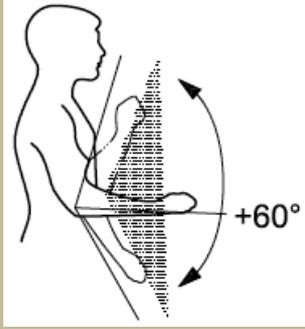
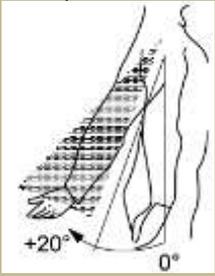
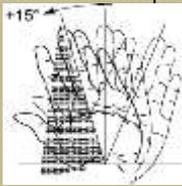
Estas acciones (ver Tabla 31) intentan atender el espectro relacionado con las 17 tareas correspondientes al área de cosecha de rosas. Luego de una revisión de los principios de la economía de movimientos propuestos por Benjamin Graham Jr en el año 2002, las acciones técnicas estándar previstas en esta investigación pretenden responder preguntas encaminadas a la eliminación o combinación de elementos que sean catalogadas como improductivas para la tarea y que además impliquen cargas biomecánicas innecesarias que perjudiquen directamente la productividad del trabajador. La metodología así mismo, involucra aspectos relacionados con los movimientos básicos de las manos, los dedos el antemano y en definitiva el miembro superior.

Es por ello que se han evidenciado tareas como descabece y desbotone de rosas, las cuales tienen funciones diferentes pues en una se desprende el cabezal y en la segunda se separa los brotes laterales del brote principal, sin embargo, desde el punto de vista biomecánico, la secuencia de movimientos es la misma, es más, en ciertas ocasiones del levantamiento de la información a través del video, se evidenció como el trabajador mezcló las dos tareas de manera satisfactoria atendiendo ambas actividades en un mismo recorrido reduciendo tiempo de trabajo y simultaneidad de las acciones.



Con estos resultados es posible determinar las acciones técnicas estándar mínimas para la ejecución de una actividad, lo cual permite la homogeneización de los criterios y procedimientos que serán tenidos en cuenta para desarrollar la tarea, así mismo, estas acciones técnicas involucran los criterios biomecánicos que de ser tenidos en cuenta puede disminuir la carga de los miembros superiores permitiendo así una valoración con el método OCRA menor a los obtenidos por esta investigación. Estos criterios se deben registrar entonces por una serie de ponderaciones posturales a fin de garantizar una estandarización correcta de las tareas. Estos criterios son presentados a continuación en la siguiente Tabla 32:

**Tabla 32.** Ponderaciones posturales para las acciones técnicas estándar

Hombros	Codo	Muñeca
<p><b>Elevación Lateral</b> El ángulo que comprende entre el tronco y el movimiento de abducción /aducción no debe sobrepasar los 45°</p> 	<p><b>Pronosupinación</b> El ángulo que comprende entre la línea media del codo y el movimiento de pronación (izquierda) o supinación (derecha) no debe sobrepasar los 60°.</p> 	<p><b>Flexión palmar</b> El ángulo que comprende entre la línea codo-muñeca y el movimiento de flexión no debe sobrepasar los 45°</p> 
<p><b>Elevación Frontal</b> El ángulo que comprende entre el tronco y el movimiento de flexión no debe sobrepasar los 80°.</p> 	<p><b>Flexión - extensión</b> El ángulo que comprende entre la línea codo-muñeca y los movimientos de flexoextensión no debe sobrepasar de los 60°.</p> 	<p><b>Extensión dorsal</b> El ángulo que comprende entre la línea codo-muñeca y el movimiento de flexión no debe sobrepasar los 45°</p> 
<p><b>Extensión</b> El ángulo que comprende entre el tronco y el movimiento de extensión no debe sobrepasar los 20°.</p> 		<p><b>Desviación ulnar</b> El ángulo que comprende entre la línea codo-muñeca y el movimiento de desviación no debe sobrepasar los 20°</p> 
		<p><b>Desviación radial</b> El ángulo que comprende entre la línea codo-muñeca y el movimiento de desviación no debe sobrepasar los 15°</p> 

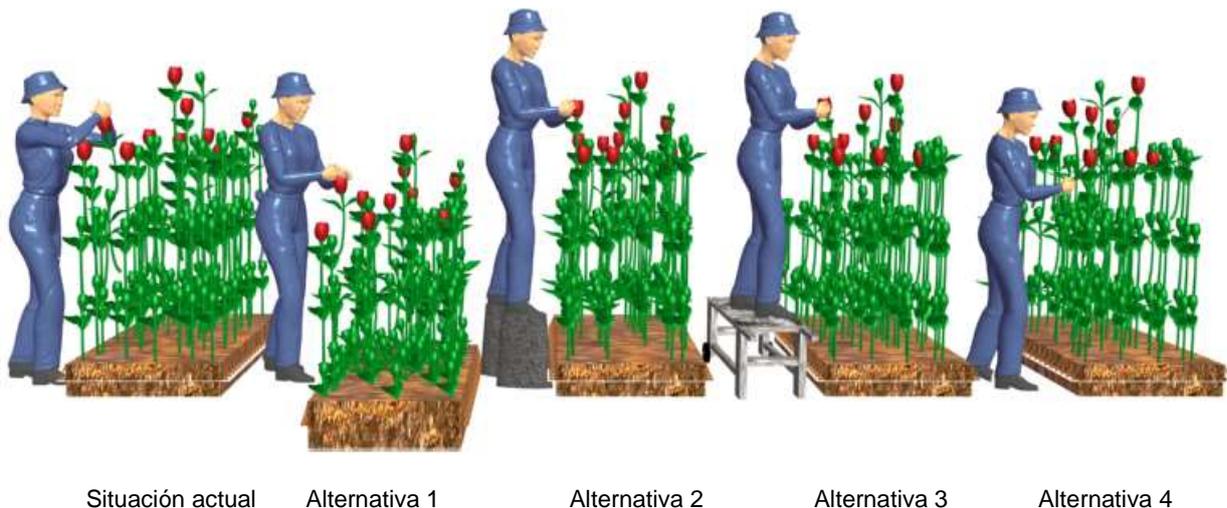
Dibujos adaptados de la Norma ISO 11228-3 Ergonomics — Manual handling —Part 3: Handling of low loads at high frequency.



### 7.3. Alternativas de mejora

A continuación se presentan cuatro tipos de alternativas para resolver el problema de alturas que actualmente se presentan en las fincas floricultoras, al realizar las actividades de desbotone, descabece, enmalle y desenmalle de la rosa, la persona debe realizar una flexión del hombro por encima de los 80° tal como lo muestra la situación actual de la Figura 58.

Figura 58. Alternativas de mejora



Ante ello, las alternativas han intentado contemplar tanto la modificación en el producto como la implementación de herramientas auxiliares que permitan minimizar la flexión mencionada con anterioridad. Para llegar a estas posibles soluciones se ha aplicado la ergonomía participativa que recalca la importancia de involucrar al usuario en el proceso de diseño pues en definitiva es quien realiza la actividad, algunas de estas propuestas ya han sido implementadas de manera piloto en algunas fincas, sin embargo se presentan a consideración de todas las demás fincas participantes debido a que los problemas presentados poseen las mismas características.

Alternativa 1 - **Elevar la altura de los caminos entre las camas:** en el periodo de observación de las tareas que involucran estos movimientos, se indagó en la posibilidad de cavar zanjas para las camas a fin de “bajarlas” y que el punto de manipulación de la rosa fuese inferior que el punto actual (ver

Figura 59), sin embargo los trabajadores manifestaron que por las condiciones del suelo, el cavar puede provocar una condición de humedad no propicia para el crecimiento del tallo, entonces se sugirió al trabajador la posibilidad de subir la altura de la cama y nos informó no que esa alternativa se le había ocurrido antes.



Figura 59. Alternativa 1 – Elevar la altura de los caminos



La propuesta entonces, consiste en colocar refuerzos de madera a las camas y rellenar los caminos con la tierra del mismo bloque a fin de no generar ningún tipo de contaminación o reacción por parte del proceso productivo. El inconveniente de esta alternativa es para aquellos trabajos que están relacionados con la manipulación de la raíz y alrededores de esa zona donde el agacharse puede ser más perjudicial que el procedimiento actual.

Alternativa 2 - **El uso de zancos**: actualmente algunas fincas han optado por el uso de zancos tal cual como lo muestra la Figura 60, estos zancos son soportes cuya altura aproximada es de 30cm y permiten subir a la persona a fin manipular del producto de manera más cómoda y a diferencia de las mesas móviles (ver alternativa 3), los zancos permiten una mayor autonomía de movimiento. Los representantes de la salud ocupacional en dicha finca y el mismo trabajador han manifestado que su productividad ha aumentado debido a que con los zancos se posee una visión panorámica de los productos y por lo cual puede acceder a ellos con mayor rapidez.

Así mismo, al preguntar si el tiempo de poner y quitar los zancos influía en la cantidad de actividades producidas durante la jornada, el personal aseguró que se dispone más tiempo en la búsqueda de producto por su altura, que la manipulación misma de estas herramientas.



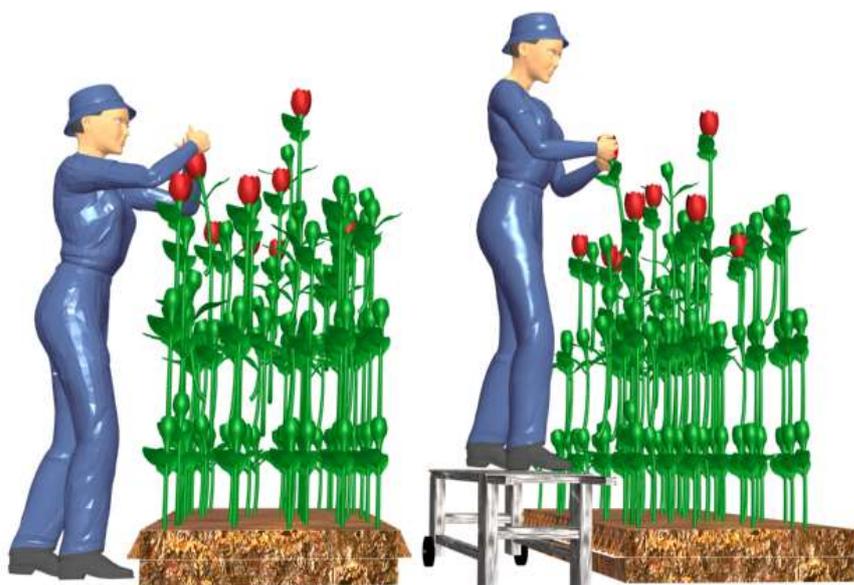
Figura 60. Alternativa 2 – El uso de zancos



Sin embargo, los zancos poseen algunas desventajas que son para consideración, no es un elemento propio del cuerpo y es utilizado por los miembros inferiores que en muchas ocasiones carecen de mayor precisión y armonía de movimientos que los demás miembros del cuerpo, es por ello que debe entrenarse y realizar una debida capacitación al personal usuario de dicha herramienta para que su utilización no genere posibles riesgos por caídas, torceduras y demás lesiones por trabajo con este tipo de ayudas.

Alternativa 3 - **El uso de mesas estilo carretilla**: esta alternativa en realidad fue implementada

Figura 61. Alternativa 3 – el uso de mesas estilo carretilla



antes que la alternativa de los zancos y consiste en la elaboración de una mesa al estilo de una carretilla con dos ruedas en la parte inferior a fin de trasladar el elemento entre las camas (ver Figura 61) el personal que la actualmente manipula esta ayuda manifiesta incomodidad debido al

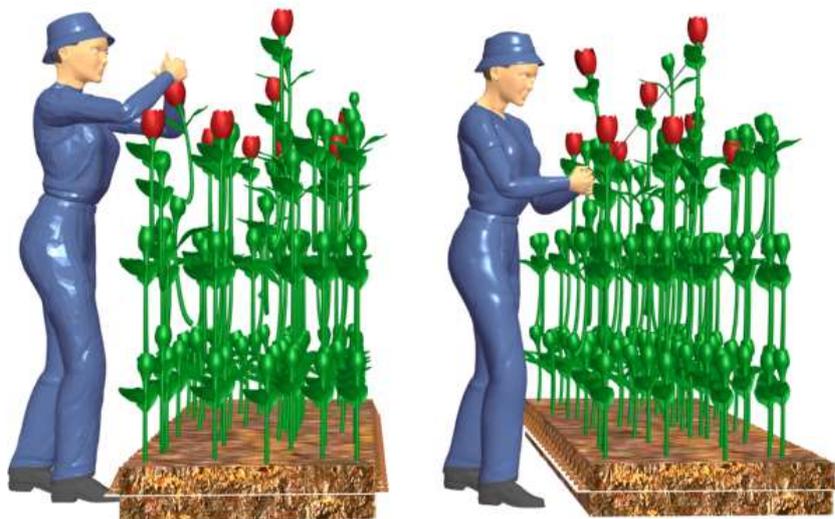
al peso de la mesa, los materiales han sido reciclados de otros procesos buscando el ahorro del costo en su implementación, sin embargo una posible solución en el momento en que se



decida optar por esta alternativa, es el uso del aluminio que minimice el peso de la mesa. Así mismo, los trabajadores aseguran que en comparación con los zancos, la mesa posee menos autonomía de desplazamiento pero una mayor estabilidad pues el área de la mesa es mayor que el de los zancos ofreciendo así una mayor seguridad y prevención de caídas, torceduras y otro tipo de lesión osteomuscular.

Alternativa 4 - El uso de un palo (stick) con gancho: esta alternativa simplemente fue registrada en una de las visitas a uno de los cultivos participantes, en dicha oportunidad, se evidenció a una trabajadora con un palo de madera que le servía como una especie de gancho para alcanzar la flor deseada sin necesidad de extender sus miembros superiores como tradicionalmente se realiza (ver Figura 62).

**Figura 62.** Alternativa 4 – El uso de un palo con gancho



Se considera de gran impacto esta alternativa pues su costo es supremamente mas bajo que las alternativas anteriormente mencionadas, no implica una capacitación ni se genera un riesgo adicional a comparación con otras alternativas donde se generan costos adicionales para entrenar a las personas en su utilización y el riesgo por caídas que se pueden presentar a utilizar estos equipos. La alternativa 4 fue la opción más llamativa pues es la mas sencilla de implementar el costo es mínimo y la disminución biomecánica se puede dar gracias a que es la herramienta la que permite alcanzar el producto con facilidad y como la rosa no es un elemento pesado pues entonces no se generarían riesgos biomecánicos adicionales por halar el producto hasta donde este el trabajador facilitándole su labor. El diseño actual es susceptible a mejorar entre otras cosas para con la economía de movimientos en la realización de las acciones técnicas por parte del trabajador y que este no tenga que realizar más acciones que las que actualmente posee.



## Cultivos hidropónicos como alternativa de mejora

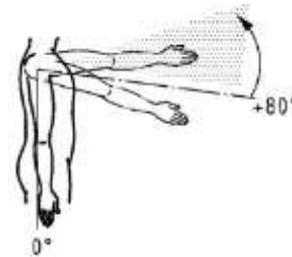
Como se ha mencionado anteriormente, en algunos cultivos visitados se han implementado los cultivos hidropónicos como medida de aumento a la producción, sin embargo, esta medida no solo ofrece una alternativa en dicho campo, desde el punto de vista biomecánico, ofrece la posibilidad de una disminución significativa del riesgo debido a que las acciones técnicas encaminadas al desarrollo de las tareas de cosecha bajo esta modalidad pudiesen ser modificadas alterando así los resultados obtenidos en la aplicación del método OCRA. En dicha oportunidad, al aplicar el método, el hombro fue una de las secciones que más penalizó el factor postural, especialmente en aquellas tareas donde el brazo se encuentra formando un ángulo mayor a  $80^\circ$  con respecto a la línea del tronco tal como lo muestra la figura al costado derecho (ver Figura 63).

**Figura 63.** Comparación postural al utilizar cultivos hidropónicos



Tradicional

Hidropónico



Norma ISO 11228-3

Norma Europea

EN 1005-5:2007

Tradicionalmente el trabajador debe llevar sus extremidades superiores por encima de este rango para ejecutar algunas de las labores especialmente las que implica un contacto directo con el brote principal y los brotes laterales, en conversaciones sostenidas con el personal se registro la inconformidad de esta labor pues implica mucho dolor a nivel de hombro, por lo cual deben hacer pausas constantes lo que implica una disminución en el ritmo del trabajador y el ritmo general del proceso productivo del área, es por ello que el implementar esta tecnología hidropónica implicaría cambios en el método de producción y una revaloración de los resultados obtenidos por la aplicación del método OCRA.



Tanto en el procedimiento como en el entorno, el carácter postural de las alternativas propuestas a las tareas realizadas apuntan a la posible reducción del esfuerzo que realiza el hombro en las tareas actuales, es por ello nuevamente se ha revisado el método OCRA para conocer si los criterios posturales descritos en las acciones técnicas estándar efectivamente contribuye a dicha reducción. En la siguiente tabla (ver Tabla 33) se muestra los resultados de la simulación desarrollada tomando en cuenta las mismas variables y situaciones, solo modificando la participación del hombro en la aplicación del método aguardando por posibles disminuciones en el riesgo por carga física biomecánica especialmente en aquellas tareas donde el brazo sobrepasa su carga postural de manera frecuente.

**Tabla 33.** Recalculo del índice OCRA a partir de las alternativas propuestas

Tarea	Índice OCRA			
	Derecha		Izquierda	
	Actual	Con Alternativas	Actual	Con Alternativas
1 Agobio	1,1	1,1	1,1	1,1
2 Bajar cortinas	3,4	3,4	NA	NA
3 Barrer	6,0	6,0	6,1	6,1
4 Basales	2,0	2,0	1,1	1,1
5 Control de hierbas	NA	NA	3,5	3,5
6 Desbotone	4,3	2,0	3,4	1,1
7 Descabece	1,9	1,9	1,7	1,7
8 Desenmalle	1,9	1,9	NA	NA
9 Despatrone / Deschute	6,0	6,0	2,0	2,0
10 Despeine de tallos	3,1	3,1	2,7	2,7
11 Enmalle	4,4	2,7	4,1	2,1
12 Erradicación	NA	NA	3,4	3,4
13 Escarificar / Trinchar	6,5	6,5	6,5	6,5
14 Poda o programación	3,6	2,6	1,3	0,8
15 Riego	3,3	2,3	2,3	2,3
16 Sacar basura	2,0	2,0	0,2	0,2
17 Selección y corte	4,3	1,4	2,9	1,4

Como se puede observar, existieron cambios significativos al utilizar los criterios posturales descritos en las acciones técnicas estándar, lo cual arroja reducciones para actividades como por ejemplo en la selección y corte de rosa, donde existe un transición en su valoración, salta de tener un índice OCRA de 4,3 a 1,4 en el miembro superior derecho. Estos cambios han sido enmarcados con los colores correspondientes al nuevo nivel de riesgo obtenido en el momento de simular la inexistencia de componentes posturales a nivel de hombro para los dos miembros superiores, dejando en claro que la aplicación de cambios procedimentales y metodológicos en la elaboración de las tareas de cultivo están relacionadas con su carga biomecánica y que estas tienen a su minimización siempre y cuando se cuenten con los criterios posturales adecuados que le permita al trabajador participar de manera mas cómoda en su puesto de trabajo y que la organización puede propiciar alternativas desde su perspectiva que contribuya al mejoramiento del entorno laboral de esta población trabajadora.



# Capítulo

## 8

Conclusiones, limitaciones  
y trabajos futuros

**8.1. Conclusiones y limitaciones del estudio**  
**8.2. Trabajos futuros**



## 8.1. Conclusiones y limitaciones del estudio

En esta investigación, se ha examinado la organización del trabajo y su relación con la ergonomía así como su prevalencia sobre los WRMSDs. Esta revisión ha proporcionado herramientas para un mayor entendimiento de cómo las cargas físicas biomecánicas afectan los conceptos de un sistema de trabajo equilibrado y que involucra el mejor desempeño del hombre, sus herramientas, su entorno; con procedimientos y métodos de estandarización de las tareas que permita balancear todos estos actores a fin de cumplir la meta trazada. De allí a que se debe considerar la organización como un sistema multidimensional, donde las decisiones pueden tener un impacto múltiple (positivo y/o negativo) en las personas, y que en este caso los procedimientos y los métodos de trabajo pueden ser rediseñados para dar cabida a tanto las necesidades humanas y de organización.

Con este estudio se logró una caracterización de las tareas pertenecientes al área de cosecha de rosas para el sector floricultor Colombiano, respondiendo así con el primer objetivo trazado en este trabajo. Mediante las entrevistas en profundidad se revisaron aspectos organizativos como la duración del turno, la duración de cada tarea, la conformación de la jornada laboral, pausas oficiales y tiempos de trabajo no repetitivo. Esta entrevista siguió un protocolo descrito en el anexo B a fin de estandarizar la información obtenida por cada representante de la empresa participante. Así mismo, se desarrolló un protocolo de campo el cual fue validado y ejecutado con la mayor rigurosidad y bajo la supervisión de expertos en ergonomía con el fin de manejar los casos fortuitos o imprevistos encontrados en la etapa de recolección de la información de campo, la metodología fue explicada a cada uno de los participantes a fin de dar a conocer el objeto del estudio y explicar el carácter del mismo, pues en varias ocasiones anteriores a este estudio la población laboral al desconocer la finalidad del mismo, no colaboraron con la actitud esperada, el obtener un registro videográfico de las tareas tiende a confundir al personal con la medición de su eficiencia individual por lo cual fue uno de los principales parámetros de explicación de la finalidad de este trabajo.

Así mismo, a fin de contribuir con el segundo objetivo propuesto en este estudio, se incluyó en dicha caracterización, una videoteca con la evidencia de todas las tareas realizadas en las siete empresas participantes, diagramas bimanuales que incluyó las acciones propias de cada miembro superior en cada actividad descrita y finalmente el índice OCRA como metodología internacionalmente validada que permite una valoración exhaustiva del trabajo repetitivo para miembros superiores.



Posteriormente a la caracterización de las tareas, el estudio tuvo lugar a determinar entonces la relación entre dichas actividades y la prevalencia de los MSDs, para ello, se plantearon dos tipos de modelamientos, un modelamiento conceptual el cual incluyó un revisión de la literatura respecto a la temática relacionadas con la organización del trabajo y los trastornos derivados de la carga laboral, agrupando en un solo esquema las posibles relaciones entre los métodos, procedimientos, ritmos de trabajo y demás acciones propias de la actividad y la carga física biomecánica a la que se ve sometido el personal trabajador. Este acercamiento tuvo en cuenta criterios como el uso de la tecnología, los tiempos de exposición, las características antropométricas de la población inherente, pero sobre todo la definición de las acciones técnicas de las tareas que delimitan finalmente los movimientos y costumbres humanas referentes a una actividad que debe realizar. Estas acciones técnicas fueron incluidas en el método de valoración OCRA las cuales permitieron obtener un resultado respecto a la carga física biomecánica de cada una de las diez y siete tareas involucradas en la operación de cosecha de rosas. Dichas valoraciones tuvieron en cuenta el trabajo netamente repetitivo ejercido por el trabajador y sus respectivas implicaciones tanto posturales como de duración y frecuencia.

El principal criterio penalizado por esta metodología fue la frecuencia y el criterio postural, los esfuerzos fueron vistos por el personal como “muy suaves” o “suaves” según la escala de Borg, mientras que el hombro fue el miembro de mayor incidencia postural en la obtención de las valoraciones resultantes. La acciones de mayor destaque entre sus valoraciones fueron las actividades de barrer, desbotone, despatrone, enmalle, escarificar, poda o programación y selección y corte de rosa con valoraciones entre 3,6 y 6,5 para ambos miembros superiores, lo cual las cataloga con un riesgo presente respecto al parámetro planteado por el índice. Dentro de estas tareas, existieron diferentes características que prevalecieron en este resultado, las tareas de desbotone y enmalle por ejemplo, a pesar de no manipular herramientas durante su ciclo repetitivo, su postura inadecuada con movimientos frecuentes del brazo por encima de la línea media del hombro fue el factor preponderante en el resultado final.

Esta valoración final del índice, obtuvo una media ponderada de 3,3 para el miembro superior derecho y 2,64 para el miembro superior izquierdo para todas las diez y siete tareas. Es así como con el índice OCRA del miembro superior derecho, el porcentaje PA para un percentil 50 obtuvo una equivalencia del 7,89%, lo que concluye que por cada 100 personas



que desarrollen actividades relacionadas al cultivo de rosas, aproximadamente 8 personas están en riesgo de padecer un trastorno de tipo musculoesquelético debido a la ejecución de acciones técnicas biomecánicas que demandan esta actividad, con este miembro superior, bajo las mismas condiciones descritas en cada una de las tareas clasificadas en el presente estudio.

Con estos resultados se procedió a establecer alternativas de mejora que permitiesen comparar la situación actual con las alternativas propuestas en caso de ser implementadas. A partir de esta premisa, surge el segundo tipo de modelamiento que es una expresión matemática a fin de modular una asignación de tareas como alternativa de rotación de personal donde el principal criterio fuese la disminución del esfuerzo al pasar de una tarea a otra y con la posibilidad de ofrecer un acercamiento modelado del comportamiento del área de cosecha para aquellas floricultoras que deseen involucrar dentro de sus criterios de rotación del personal la ergonomía como principal factor de disminución de la carga física.

Los resultados del modelo han arrojado resultados interesantes desde su propio planteamiento hasta las iteraciones arrojadas por el software GAMS utilizado para la programación del modelo. De manera inicial se concluye que no existieron diferencias significativas entre los trabajadores registrados lo cual valida que la duración neta del trabajo repetitivo para cada una de las tareas en las siete empresas participante es la misma, aspecto que fue tenido en cuenta para el planteamiento del modelo como la Matriz Ejk donde se contempla que el trabajador primero realice la tarea  $i$  y después realice la actividad  $j$ . De la misma forma, se incluyeron restricciones referentes a la frecuencia de la tarea, el comienzo de la jornada donde se debe siempre inicial en la actividad catorce correspondiente a la selección y corte de la rosa, amplitud en cuanto al número de trabajadores que deben realizar distintas tareas y que permita reconocer un patrón de rotación a fin de minimizar el esfuerzo entre las tareas.

El modelamiento ha arrojado que al realizar la compilación del modelo con los parámetros iniciales, el PTER resultó infactible. Luego de una revisión exhaustiva de las restricciones planteadas, se descubrió que el tiempo neto de trabajo repetitivo que inicialmente era de 250, el cual corresponde a los minutos obtenidos del método OCRA una vez se han extraído de la duración total del turno, las pausas oficiales, las pausas para comer y el tiempo que no se ha considerado como repetitivo, no cumplía con las disposiciones de la frecuencia y duración de la tarea en relación con la jornada laboral. Es entonces como los tiempos muertos que



inicialmente han sido catalogados como un cúmulo de tiempos inadvertidos debido a que estos normalmente son considerados como un momento de descanso, son ahora el nuevo objeto de estudio pues el modelo ha descrito que para que todas las actividades sean desarrolladas y se garantice la minimización del esfuerzo entre las tareas de cosecha de rosas. Este nuevo enfoque permite revisar si la obtención, medición y control de estos tiempos actualmente cuentan con los mecanismos idóneos y se realizan un seguimiento de los mismos. La función objetivo con la simulación sugerida de 330 minutos como disponibilidad de trabajo neto repetitivo, ha arrojado un valor óptimo de  $Z = 20.1$ , lo cual indica que las catorce tareas al realizar el plan de rotación planteado implica un índice Ocra medio de 1.43, índice que es catalogado como una valoración sin presencia de riesgo por carga física biomecánica.

De la misma manera, se han propuesto alternativas de rediseño del puesto de trabajo, las cuales se enfocaron en criterios físicos biomecánicos a nivel postural, es el caso de la minimización de flexiones excesivas del brazo que sobrepasan el ángulo propuesto por la norma ISO 11228-3 referente a los  $80^\circ$  formados entre la línea media del tronco y el levantamiento del brazo (ver criterios posturales capítulo 7). Estas alternativas contemplaron un rango importante del costo de inversión pues la consigna de esta investigación a parte de describir la situación actual, fue proponer rediseños que incluyeran posibilidades o ideas de mejoras en las empresas y que el costo fuese relativamente bajo a fin de implementarlas a la mayor brevedad, estas alternativas estuvieron regidas a cambios en el entorno, las herramientas y los procedimientos, parámetros que son derivados de la organización del trabajo y que ratificara la intención inicial de esta investigación.

Otras consideraciones propias del estudio estuvieron a cargo de la implementación de conceptos de ergonomía participativa, la cual es una idea que termina por involucrar a todos los actores que están en pro de buscar la mayor comodidad y eficiencia en la actividad laboral. Algunas de las alternativas presentadas en esta investigación ya han tenido sus comienzos en las principales fincas visitadas, sin embargo, actualmente la gran mayoría de las empresas continúan realizando estas actividades de manera individual viendo que los problemas son generalizados indistintamente de la empresa donde se encuentren, los criterios de ergonomía aplicados al lugar de trabajo deben ser divulgados por todas las empresas pues los problemas desatados debido a estas condiciones son considerados como problemas de salud pública y es por ello que métodos como el desarrollado por Malchaire y colaboradores pone en evidencia que la ergonomía participativa incluyendo los focus group son de gran ayuda a resolver



inconvenientes relacionados con la carga física biomecánica presentada en las actividades de cualquier la empresa

De igual manera a modo de aprendizaje continuo en el ámbito de la ergonomía, en el capítulo 4 se ha presentado un diagrama que ha contemplado una lista no exhaustiva de los métodos de valoración de carga física biomecánica que pudiesen ser tenidos en cuenta dependiendo de su grado de implementación, el costo de la investigación, la profundización y precisión deseada en el estudio; con ello, se ofrecen métodos simples y de un mayor desarrollo que permitan facilitar la toma de decisiones al personal que desee aplicar una metodología relacionada con la ergonomía física y que desconozca de cual es el mejor método de valoración que este relacionado con las posturas, los esfuerzos y la repetitividad de una tarea industrial.

Dentro de las limitantes que pudiesen encontrarse en el estudio, fue el hecho que el personal trabajador registró información de manera exclusiva referente a la jornada de trabajo en la finca, sin embargo, las entidades de prevención de riesgos laborales han comentado de manera extraoficial que el personal realiza otras tareas por fuera de su jornada de floricultura que pueda prevalecer en el desarrollo de un MSDs, actividades del qué hacer domestico, algún otro trabajo que involucre labores altamente repetitivas, sin embargo el alcance del estudio solo contempló la jornada laboral debido a que las demás actividades son consideradas como inherentes de la persona y por lo cual no fueron incluidas.

Otra dificultad encontrada en el desarrollo de investigación fue la referente a la recolección de la información, como todo estudio de campo existieron dificultades de tipo logísticas y administrativas propias de una investigación de campo, pocas empresas ofrecieron sus instalaciones para el desarrollo del estudio debido al tiempo que demanda un estudio de esta magnitud, sin embargo las empresas participantes de este estudio ofrecieron las mejores garantías permitiendo así culminar con los objetivos trazados al inicio de la actividad conocen las oportunidades de mejora al realizar un trabajo en conjunto que permitiese a todos los participantes enterarse de alternativas implementadas en otras fincas y que muy seguramente en sus propias instalaciones se presenta el mismo problema.



## 8.2. Trabajos Futuros

Dentro del alcance de la investigación se contempló el área de cosecha por ser esta una de las áreas con mayor frecuencia de la prevalencia de los WRMSDs y en donde los cambios organizativos demandaron mayor indagación para conseguir los resultados obtenidos. Sin embargo el trabajo ahora debe continuar con el área de postcosecha pues en visitas realizadas se han evidenciado oportunidades de mejoras ergonómicas y la posibilidad de ampliar el número de puestos de trabajo a fin de establecer una agenda de rotaciones que abarque las dos áreas operativas de mayor impacto dentro de las empresas. La idea es entonces continuar con la valoración de condiciones ergonómicas en el área de post cosecha que evidencia un trabajo que demanda aun más la repetitividad de la tarea y en donde si existen diferencias de los procedimientos llevados a acabo entre las empresas participantes. Así mismo, la formulación del nuevo modelo matemático como parámetros genéricos a fin de realizar una asignación generalizada que también involucre el paso de un área a otra ofreciendo minimización de esfuerzos por parte del personal trabajador de estos dos procesos.

Existieron tareas que muestran evidencias respecto a los factores de riesgo relacionadas con la espalda, especialmente en el momento de realizar movimientos por debajo de la cintura de los trabajadores como el caso de las tareas de despatrone y control de hiervas, donde el trabajador debe agacharse para realizar las actividades encomendadas. En esta ocasión, esta situación resultó ser una limitante del estudio pues el método OCRA solo contempla los miembros superiores como principales objetos de valoración, por lo cual se propone iniciar una revisión del método a fin de posibilitar el ingreso de la espalda como parte de la evaluación OCRA, ya sea incrementando este factor dentro de sus parámetros de evaluación o buscar la manera de adherir otra metodología que contemple este parte del cuerpo todo esto con el fin de involucrar propuestas de mejora que permitan realizar reformas a todo el conjunto espalda-miembros superiores

Es importante que el trabajo actualmente se viene realizado en los rediseños rediseño de la herramienta propuesta por Córdoba y colaboradores se proyecte con implementaciones y sincronizar ese trabajo con la validación realizada por Berrio y colaboradores a fin de generar los cambios pertinentes que contribuyan al mejoramiento de la herramienta una puesta en marcha de la construcción masiva de la herramienta una vez contemple todos los parámetros inherentes a la población Colombiana. y validación de la misma.



Finalmente como un trabajo continuo a este estudio, la investigación ha presentado un validación clara y contundente de aquellos métodos de valoración de puestos de trabajo que puedan ser replicados a otras industrias, el aporte del problema de asignación generalizado ofrece la posibilidad de ser considerado por otras actividades donde se pretenda minimizar el esfuerzo y el parámetro de minimización sea obtenido por cualquier método ergonómico que valore el nivel de riesgo en el ámbito deseado por explorar.

## REFERENCIAS

- Aarås, A., & Ro, O. (1997). Electromyography (EMG) - Methodology and application in occupational health. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 20(3), 207-214.
- Aarås, A., Westgaard, R. H., & Strandén, E. (1988). Postural angles as an indicator of postural load and muscular injury in occupational work situations. *Ergonomics*, 31, 915 - 933.
- Aft, L. S. (2001). Measurement of Work. In K. B. Zandin (Ed.), *Maynard's Industrial Engineering Handbook*. (5th Edition ed., pp. 5.3 - 5.22): McGraw-Hill.
- Aft, L. S. (2004 ). work measurement. In H. Geng (Ed.), *Manufacturing Engineering Handbook* (pp. 53.51 - 53.19). New York, NY: McGraw-Hill.
- Aghazadeh, F., & Mital, A. (1987). Injuries due to hand tools: results of a questionnaire. *Applied Ergonomics*, 18(4), 273-278.
- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2008). *Exportaciones e importaciones en Bogotá: Síntesis de coyuntura*. Bogotá, Col: Secretaria distrital de planeación.
- Alexander, D. (1986). *The Practice and Management of Industrial Ergonomics* NJ: Prentice Hall
- Allwood, J. M., & Lee, W. L. (2004). The impact of job rotation on problem solving skills. *International Journal of Production Research*, 42(5), 865-881.
- Aptel, M., & Gaudez, C. (2003). Physiopathologie des TMS de l'épaule de type musculaire liés au travail: l'hypothèse des fibres de Cendrillon. In C. Hérisson & B. Fouquet (Eds.), *Ceinture scapulaire et pathologies professionnelles* (pp. 1 - 12). Paris, France: Masson.
- Argimon, J., & Jiménez, J. (2004). *Métodos de investigación científica y epidemiológica*. (3th ed.). Madrid, España: Elseiver.
- Armstrong, T., & Chaffin, D. (1979). Carpal tunnel syndrome and selected personal attributes. *J Occup Med* 21(7), 481-486.
- Armstrong, T. J., Buckle, P., Fine, L., Hagberg, M., Jonsson, B., Kilbom, A., . . . Vikari-Juntura, E. R. (1993). A conceptual model for work-related neck and upper-limb musculoskeletal disorders. *Scandinavian Journal of Work Environment and Health*, 19, 73 - 84.
- Armstrong, T. J., Radwin, R. C., Hansen, D. J., & Kennedy, K. W. (1986). Repetitive trauma disorders: Job evaluation and design. *Human Factors*, 27, 325-336.
- Aroori, S., & Spence, R. A. (2008). Carpal tunnel syndrome. *Ulster Med J*, 77(1), 6-17.
- Asociación Colombiana de Exportadores de Flores - ASOCOLFLORES. (2008). Balance social del gremio floricultor 2007. *Revista de la Asociación Colombiana de Exportadores de Flores*, 70, 46-49.

- Asociación Colombiana de Exportadores de Flores - ASOCOLFLORES. (2010). Noticias Frescas. Segundo trimestre de 2010. *Revista de la Asociación Colombiana de Exportadores de Flores*, 16.
- ASOCOLFLORES. (2008). *Colombian grown. The finest quality Cut Flowers in the World*. (978-958-98910-1-8). Bogotá, Colombia: Ministerio de agricultura y desarrollo rural.
- Axelsson, J. R. C. (2000). *Quality and Ergonomics—towards successful integration*. Doctorial Thesis, Dissertation., Linköping University, Linköping.
- Babbage, C. (1832. Republished in 1971. Digital in 2006). *On the economy of machinery and manufacturers*. New York, USA.: Augustus M. Kelley Publishers.
- Bailey, D. E., & Barley, S. R. (2005). Return to work: Toward post-industrial engineering. *IIE Transactions* 37, 737-752. doi: 10.1080/07408170590918308
- Bao, S., Howard, N., Spielholz, P., & Silverstein, B. (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 - 392.
- Bao, S., Silverstein, B., & Cohen, M. (2001). An electromyography study in three high risk poultry processing jobs. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 27, 375-385.
- Barnes, R. M. (1980). *Motion and Time Study: Design and Measurement of Work* (8° Edition ed.): John Wiley & Sons.
- Bedny, G. Z., & Karwowski, W. (2004). Activity theory as a basis for the study of work. *Ergonomics*, 47(2), 134 - 153.
- Bell, J. A., & Stigant, M. (2008). Validation of a fibre- optic goniometer system to investigate the relationship between sedentary work and low back pain. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 38, 934-941.
- Berrio-García, S. (2011). *Estudio de la demanda mecánica en las extremidades superiores en tareas de corte manual de rosas*. M,Sc Industrial Engineering Diseño Experimental, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.
- Bongers, P. M., Ijmker, S., van den Heuvel, S., & Blatter, B. M. (2006). Epidemiology of work related neck and upper limb problems: Psychosocial and personal risk factors (Part I) and effective interventions from a bio behavioural perspective (Part II). *J Occup Rehabil*, 16, 279-302.
- Bovenzi, M., Rui, F., Versini, W., Tommasini, M., & Nataletti, P. (2004). Hand-arm vibration syndrome and upper limb disorders associated with forestry work. *La Medicina del lavoro*, 95, 282-296.
- Bovenzi, M., Zadini, A., Franzinelli, A., & Borgogni, F. (1991). Occupational Musculoskeletal Disorders in the Neck and Upper Limbs of Forestry Workers Exposed to Hand Arm Vibration. *Ergonomics*, 34(5), 547-562.

- Brook, G., & William, S. (2006). Learning to minimize energy costs and maximize mechanical work in a bimanual coordination task. *Journal of Motor Behavior*, 38(6), 411-422.
- Brown, O. J., & Hendrick, H. W. (Eds.). (1996). *Human Factors in Organizational Design and Management -V*. Amsterdam, The Netherlands,: Elsevier Science.
- Buchanan, D., Cressey, P., Hiba, J., Schmid, F., & Wilson, J. (1998). *Work organization and ergonomics*. Geneva: International Labour Office,.
- Buchholz, B., Park, J.-S., Gold, J., & Punnett, L. (2008). Subjective ratings of upper extremity exposures: Inter-method agreement with direct measurement of exposures. *Ergonomics*, 51(7), 1064 - 1077.
- Buckle, P. W. (1997). Work factors and upper limb disorders. *BMJ*, 315, 1360-1363.
- Buckle, P. W., & Jason., D. J. (2002). The nature of work-related neck and upper limb musculoskeletal disorders. *Applied Ergonomics*, 33, 207-217.
- Byström, S. E. G., & Kilbom, Å. (1990). Physiological response in the forearm during and after isometric intermittent handgrip. *European Journal of Applied Physiology*, 60, 457 - 466.
- Cacciabue, P. C. (2008). Role and challenges of ergonomics in modern societal contexts. *Ergonomics*, 51(1), 42 - 48.
- Calderón, F. (2001). El cultivo hidropónico de flores en Colombia. from <http://www.drcalderonlabs.com>
- Camacho, K., & Libreros, D. (2004). *Libro de las Flores*. Escuela Nacional Sindical de Colombia. Bogotá, Col.
- Canada Safety Council (CSC). (1984). *Hand Protection Occupational Safety and Health*. (Data Sheet No. H-5). Ottawa, Canada.
- Cañas, J. J., & Waerns, Y. (2001). *Ergonomía cognitiva: aspectos psicológicos de la interacción de las personas con la tecnología de la información* (Edición ilustrada ed.). Madrid, España: Ed. Médica Panamericana.
- Carayon, P. (2006). Human factors of complex sociotechnical systems. *Applied Ergonomics*, 37, 525-535.
- Carayon, P., & Smith, M. J. (2000). Work organization and ergonomics. *Applied Ergonomics*, 31, 649-662.
- Carey, E., & Gallwey, T. (2005). Wrist discomfort levels for combined movements at constant force and repetition rate. *Ergonomics*, 48(2), 171 - 186.
- Casanova, E., Trillas, M. I., Moysset, L., & Vainstein, A. (2005). Influence of rol genes in floriculture. *Biotechnology Advances* 23 3 - 39.

- Castillo, A. (2001). Work Measurement Principles and Techniques. In G. Salvendy (Ed.), *Handbook of Industrial Engineering - Technology and Operations Management* (3rd Edition ed., pp. 1410 - 1457): John Wiley & Sons, Inc.
- Castro, V. (2008). *Colombia: Los trabajos de las Mujeres en la Floricultura*. Red Internacional de Género y Comercio Capítulo Latinoamericano.
- Chaffin, D. B., & Anderson, G. B. J. (1984). *Occupational biomechanics*. New York: John Wiley & Sons.
- Chaffin, D. B., & Anderson, G. B. J. (1993). *Occupational Biomechanics* (2nd ed.). New York: Wiley.
- Chapanis, A. (1959). Research Techniques in Human Engineering. *John Hopkins University Press*.
- Chapanis, A. (1996). Human Factors Methods *Human Factors in Systems Engineering* (pp. 79 - 111). United States of America: John Wiley & Sons, Inc.
- Chapanis, A. (1999). *The Chapanis Chronicles: 50 Years of Human Factors Research, Education and Design*. Aegean, Santa Barbara, CA.
- Chen, Y.-T., Chen, C.-Y., Liang, H.-W., Chang, T.-R., & Hwang, Y.-H. (2010). Comparison between Direct Measurement and Observation Methods for Upper Extremity Activity Assessment at Workplace. *Journal of Occupational Safety and Health*, 18 1-14.
- Cheraskin, L., & Campion, M. A. (1996). Study clarifies job rotation benefits. *Personnel Journal*, 75, 31 – 38.
- Chetty, S. (1996). The case study method for research in small- and médium - sized firms. *International small business journal*, vol. 5.
- Chiang, H., Chen, S., Yu, H., & Ko, Y. (1990). The occurrence of carpal tunnel syndrome in frozen food factory employees. *Gaoxiong Yi Xue Ke Xue Za Zhi*, 6, 73- 80.
- Christmansson, M., Friden, J., & Sollerman, C. (1999). Task design, psycho-social work climate and upper extremity pain disorders effects of an organisational redesign on manual repetitive assembly jobs. *Applied Ergonomics*, 30, 463 - 472.
- Cifrek, M., Medved, V., Tonkovic, S., & Ostojic, S. (2009). Surface EMG based muscle fatigue evaluation in biomechanics. *Clinical Biomechanics*, 24, 327-340.
- Colombini, D. (1998). An observational method for classifying exposure to repetitive movements of the upper limbs. *Ergonomics*, 41(9), 1261 - 1289.
- Colombini, D., Occhipinti, E., & Grieco, A. (2002). The general model of exposure analysis: relevant definitions and their interaction with job analysis using the methods-time measurement (MTM) system. In E. o. P. a. M. R. Unit (Ed.), *Risk Assessment and Management of Repetitive Movements and Exertions of Upper Limbs* (Vol. 2, pp. 23 - 29). Milan, Italy: ELSEVIER.

- Comité Técnico AEN/CTN 81. (2007). **UNE-EN 1005-5. Seguridad de las máquinas - Comportamiento físico del ser humano - Parte 5: Evaluación del riesgo por manipulación repetitiva de alta frecuencia.** Madrid, España: Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR).
- Cook, T., Rosencrance, J., Zimmermann, C., Gerleman, D., & Ludewig, P. (1998). Electromyographic analysis of a repetitive hand gripping task. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 4, 185 - 200.
- Cordoba, J., Fajardo, J., Quintana, L., & Hilarion, A. (2009). *Design of Ergonomically Efficient Rose-Pruning Tool.* Paper presented at the 17th Triennial Congress of the International Ergonomics Association (IEA), Beijing.
- Coutarel, F., Daniellou, F., & Dugué, B. (2003). Interroger l'organisation du travail au regard des marges de manoeuvre en conception et fonctionnement : la rotation est-elle une solution aux TMS? *PISTES*, 5(2), 1 - 24.
- Cox, T., & Ferguson, E. (1994). Measurement of the subjective work environment. *Work Stress*, 8(2), 98-109.
- da Costa, B. R., & Ramos, E. (2010). Risk Factors for Work-Related Musculoskeletal Disorders: A Systematic Review of Recent Longitudinal Studies. [Review]. *American Journal of Industrial Medicine*, 53, 285-323.
- Dababneh, A., Lowe, B., Krieg, E., Kong, Y.-K., & Waters, T. (2004). Ergonomics - A Checklist for the Ergonomic Evaluation of Nonpowered Hand Tools. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 1(12), D135 - D145.
- Dahalan, J. B., & Fernandez, J. E. (1993). Psychophysical frequency for a gripping task. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 12, 219 - 230.
- Davezies, P. (1993). Eléments de psychodynamique du travail. *Éducation Permanente*, 116, 33-46.
- David, G. (2005). Ergonomic methods for assessing exposure to risk factors for work-related musculoskeletal disorders. [In-depth review]. *Occupational Medicine 2005*, 55, 190-199.
- de Krom, M. C. T., Kester, A. D. M., Knipschild, P. G., & Spaans, F. (1990). Risk factors for carpal tunnel syndrome. *American Journal of Epidemiology*, 132, 1102 - 1110.
- Devereux, J. J., Rydsted, L., Kelly, V., Weston, P., y , & Buckle, P. (2004). The role of work stress and psychological factors in the development of musculoskeletal disorders (Vol. 273). Guildford, Surrey: Robens Centre for Health Ergonomics. .
- Diaper, D., & Stanton, N. A. (2004). *The Handbook of Task Analysis for Human-Computer Interaction.* Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Dowell, J., & Long, J. (1989). Towards a conception for an engineering discipline of human factors. *Ergonomics*, 32, 1513-1535.

- Drury, T. K. A., Broderick, C. G., Weidman, R. L., Reynolds, C. H., & Mozrall, J. L. (1999). Ergonomics, loss management, and occupational injury and illness surveillance. Part 1: elements of loss management and surveillance. A corporate-wide ergonomics programme: implementation and evaluation. *Ergonomics* 42 (1), 208–228.
- Dul, J., & Weerdmeester, B. A. (1993). *Ergonomics for beginners: a quick reference guide* (9th ed.): Taylor & Francis.
- Eastman Kodak Company. (1983). *Ergonomic design for people at work* (Vol. 1). NY: The Ergonomics Group and Human Factors Section.
- Eastman Kodak Company. (2004). *Ergonomic design for people at work* (2 ed. Vol. 1). NY: John Wiley & Sons.
- Edwards, E. (1985). Human factors in aviation. *Aerospace*, 12(7).
- Eklund, J. (1997). Ergonomics, quality and continuous improvement conceptual and empirical relationships in an industrial context. *Ergonomics*, 40(10), 982 - 1001.
- Eklund, J. A. E. (1995). Relationships between ergonomics and quality in assembly work. *Applied Ergonomics*, 26(1), 15-20.
- Engstrom, Y. (2000). Activity theory as a framework for analyzing and redesigning work. *Ergonomics*, 43(7), 960 - 974.
- Engstrom, Y. (2000). Activity theory as a framework for analyzing and redesigning work. *Ergonomics*, 43(7), 960 — 974.
- Eren, D., & Bayhan, M. (2007). A review on evolution of production scheduling with neural networks. *Computers & Industrial Engineering*, 53, 95-122.
- Eriksson, T., & Ortega, J. (2006). The adoption of job rotation: Testing the theories. *Industrial & Labor Relations Review*, 59, 653-666.
- European Agency for Safety and Health at Work. (1999). Work-related neck and upper limb musculoskeletal disorders (European Institute of Health & Medical Sciences, Trans.). In P. Buckle & J. Devereux (Eds.), (The Robens Centre for Health Ergonomics, ed., p. 117). Guildford, Surrey, U.K: University of Surrey. ISBN 92-828-8174-1.
- European Agency for Safety and Health at Work. (2000a). Inventory of socio-economic information about work-related musculoskeletal disorders in the Member States of the European Union (p. 4): European Agency for Safety and Health at Work.
- European Agency for Safety and Health at Work. (2000b). Preventing work-related musculoskeletal disorders. *Magazine of the European Agency for Safety and Health at Work*, 3, 43.
- European Agency for Safety and Health at Work. (2007). Introducción a los trastornos musculoesqueléticos de origen laboral (p. 2). Bilbao, España: Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo.

- European foundation for the improvement of living and work conditions. (2008). *European foundation Agriculture and Fishing - Fact sheet*. (EF/08/14/EN1). Dublin, Ireland: European foundation for the improvement of living and work conditions Retrieved from <http://www.eurofound.europa.eu>.
- European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions. (2007). *Fourth European Working Conditions Survey*. (ISBN 92-897-0974-X). Dublin, Ireland: Office for Official Publications of the European Communities Retrieved from <http://www.eurofound.europa.eu>.
- Fafrowicz, M., & Marek, T. (2007). Quo vadis, neuroergonomics? *Ergonomics*, 50(11), 1941 - 1949.
- Fathallah, F. A. (2009). *Agricultural Ergonomics and Musculoskeletal Disorders: Historical and Future Perspectives*. Paper presented at the 17th World Congress on Ergonomics (IEA), Beijing, China.
- Faucett, J., Meyers, J., Janowitz, J., & Fathallah, F. (2007). Rest break interventions in stoop labor tasks. *Applied Ergonomics*, 38, 219-226.
- Federal Institute for Occupational Safety and Health. (2004). *Prevención de trastornos musculoesqueléticos en el lugar de trabajo*. (ISBN 92-4-359100-2). Berlín, Germany: Organización Mundial para la Salud.
- Feveile, H., Jensen, C., & Burr, H. (2002). Risk factors for neck-shoulder and wrist/hand symptoms in a 5-year follow-up study of 3,990 employees in Denmark. *Int Arch Occup Environ Health*.(75), 243-251.
- Fouquet, B., Lasfargues, G., Roquelaure et, Y., & Hérisson, C. (Eds.). (2005). *Santé mentale, appareil locomoteur et pathologies professionnelles*. Paris: Masson.
- Franco, G. (2001). De Morbis Artificum Diatriba [Diseases of Workers]. *American Journal of Public Health*, 91(9), 1380-1382.
- Fransson-Hall, C., Gloria, R., Kilbom, A., Winkel, J., Karlqvist, L., & Wiktorin, C. (1995). A portable ergonomic observation method (PEO) for computerized on-line recording of postures and manual handling. *Applied Ergonomics* 26(2), 93-100.
- Fraser, T. M. (1980). *Ergonomic Principles in the Design of Hand Tools*. *Occupational Safety and Health Series N °44*. Geneva, Switzerland: International Labour Office.
- Frazer, M., Norman, R., Wells, R., & Neumann, P. (2003). The effects of job rotation on the risk of reporting low back pain. *Ergonomics*, 46(9), 904 - 919.
- Fung, Y. C. (1981). *Biomechanics*. New York: Springer- Verlag.
- Gazzoni, M. (2010 ). Multichannel Surface Electromyography in Ergonomics: Potentialities and Limits. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 20(4), 255-271.

- Genaidy, A., Karwowski, W., & Christensen, D. (1999). Principles of Work System Performance Optimization: A Business Ergonomics Approach. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing Vol. 9* (1), 105–128
- Genaidy, A. M., Sequeira, R., Rinder, M. M., & A-Rehim, A. D. (2009). Determinants of business sustainability: An ergonomics perspective. *Ergonomics*, 52(3), 273 - 301.
- George, A. L., & Bennett, A. (2005). *Case studies and theory development in the social sciences* Cambridge, MA: MIT Press.
- Gerring, J. (2007). *Case study research: principles and practices* (ilustrada, reimpressa ed.). Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- Gittleman, M., Horrigan, M., & Joyce, M. (1998). Flexible workplace practices: evidence from a nationally representative survey. *Industrial & Labor Relations Review*, 52, 99 – 115.
- González Maestre, D. (2007). *Ergonomía y psicología* (4th ed.). Madrid, España: Fundación Confemetal.
- Grandjean, E. (1986). *Fitting the Task to the Man*. London: Taylor & Francis.
- Grant, K. A., & Habes, D. J. (1997). An electromyographic study of strength and upper extremity muscle activity in simulated meat cutting tasks. *Applied Ergonomics*, 28(2), 129 -137.
- Greenberg, L., & Chaffin, D. B. (1977a). *Workers and Their Tools: A Guide to the Ergonomic Design of Hand Tools and Small Presses*. Midland, MI: Pendell Publishing Co.
- Greenberg, L., & Chaffin, D. B. (1977b). *Workers and their tools: A guide to the ergonomics design og hand tools and small presses*. Midland, MI: Pendell.
- Guio, L. A., & Mascia, F. L. (2009). *A vision of work organization in work groups on production environment*. Paper presented at the 17th World Congress on Ergonomics (IEA), Beijing, China.
- Hagberg, M. (1996). ABC of work related disorders. Neck and arm disorders. *BMJ*, 313(7054), 419-422.
- Hagberg, M., Silverstein, B., Wells, R., Smith, M., Hendrick, H., Carayon, P., & M., P. e. (1995). *Work related musculoskeletal disorders (WMSDs): A reference book for prevention*. London, U.K: Taylor & Francis.
- Hägg, G. M. (2003). Corporate initiatives in ergonomics-an introduction. *Applied Ergonomics*, 34(1), 3 - 15.
- Hawkins, F. H. (1987). *Human factors in flight*. Gower Technical Press. England.
- Helander, M. G. (1997). Forty years of IEA: some reflections on the evolution of ergonomics. *Ergonomics*, 40(10), 952 - 961.

- Hendrick, H. W. (1991). Ergonomics in organizational design and management. *Ergonomics*, 34, 743 - 756.
- Hendrick, H. W. (1996). *Good Ergonomics Is Good Economics*. Paper presented at the Human Factors and Ergonomics Society 40th Annual Meeting, Santa Monica, CA.
- Hendrick, H. W., & Kleiner, B. M. (2001). *Macroergonomics: An Introduction to Work System Design*. Santa Monica, CA.: Human Factors and Ergonomic Society.
- Ho, W.-H., Chang, C. S., Shih, Y.-L., & Liang, R.-D. (2009). Effects of job rotation and role stress among nurses on job satisfaction and organizational commitment. *BMC Health Services Research*, 9(8).
- Holden, R. J., Or, C. K. L., Alper, S. J., Rivera, A. J., & Karsh, B.-T. (2008). A change management framework for macroergonomic field research. *Applied Ergonomics*, 39 459-474.
- Hollnagel, E. (1997). Cognitive ergonomics: it's all in the mind. *Ergonomics*, 40(10), 1170 - 1182.
- Hollnagel, E. (2006). Task Analysis: Why, What and How. In G. Salvendy (Ed.), *Handbook of human factors and ergonomics* (Vol. 1, p. 12). West Sussex (UK): John Wiley & Sons.
- Hollnagel, E. (Ed.). (2003). *Handbook of cognitive task design*. Mahwah, NJ - London: Lawrence Erlbaum Associates.
- Holman, D., Wall, T. D., Clegg, C. W., Sparrow, P., & Howard, A. (2003). *New Workplace: A Guide to the Human Impact of Modern Working Practices*. Chichester: Wiley.
- Howard, N., Spielholz, P., Bao, S., Silverstein, B., & Fan, Z. J. (2009). Reliability of an observational tool to assess the organization of work. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 39(1), 260. doi: DOI: 10.1016/j.ergon.2008.02.018
- Hsie, M., Wen-ta., H., Tao-ming., C., & Hsieh-ching., C. (2009). A model used in creating a work-rest schedule for laborers. *Automation in Construction*, 18, 762-769.
- Informationssystemet for Arbetsskador (ISA). (1986). *Safety and Occupational Health*. Stockholm, Sweden: Arbetarskyddsstyrelsen.
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene del Trabajo. *NTP 451. Evaluación de las condiciones de trabajo: métodos generales*. Barcelona, Spain: Instituto de Seguridad e Higiene del Trabajo.
- Instituto Regional de Seguridad y Salud en el Trabajo. (2002). *Trastornos musculoesqueléticos*. Comunidad de Madrid. Consejería de empleo y mujer - Comunidad de Madrid. Madrid, Spain.
- International Ergonomics Association - IEA. (2000). What is Ergonomics. IEA Council., from [http://www.iea.cc/01\\_what/What is Ergonomics.html](http://www.iea.cc/01_what/What is Ergonomics.html)

- International Ergonomics Association - IEA. (2003). from <http://www.iea.cc/ergonomics/>
- International Labour Office. (1986). *Psychosocial factors at work: Recognition and control*. Geneva, Switzerland.
- International Standard Organization (ISO). (2007). *Ergonomics — Manual handling — Part 3: Handling of low loads at high frequency*. (ISO 11228-3:2007). Switzerland: ISO.
- Janwantanakul, P., Pensri, P., Jiamjarasrangsi, W., & Sinsongsook, T. (2009). Biopsychosocial Factors Are Associated with High Prevalence of Self-reported Musculoskeletal Symptoms in the Lower Extremities Among Office Workers. *Archives of Medical Research*, 40(3), 216. doi: DOI: 10.1016/j.arcmed.2009.02.010
- Johansson, J., & Winkel, J. (2008). Work organisation constructs and ergonomic outcomes among European forest machine operators. *Ergonomics*, 51(7), 968-981.
- Jorgensen, M., Davis, K., Kotowski, S., Aedla, P., & Dunning, K. (2005). Characteristics of job rotation in the Midwest US manufacturing sector. *Ergonomics*, 48(15), 1721-1733.
- Kao, S. Y. (2003). Carpal Tunnel Syndrome As an Occupational Disease. *JABFP* 16(6), 533-543.
- Karwowski, W. (2005). Ergonomics and human factors: the paradigms for science, engineering, design, technology and management of human-compatible systems. *Ergonomics*, 48(5), 436 - 463.
- Karwowski, W. (2006). *International encyclopedia of ergonomics and human factors* (2th ed. Vol. 1): Taylor & Francis.
- Karwowski, W., & Marras, W. S. (Eds.). (1999). *The Occupational Ergonomics Handbook*. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Kayis, B., & Charoenchai, N. (2004). Development of a Knowledge-Based System for Nonpowered Hand Tools (TOOL EXPERT): Part I—The Scientific Basis. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing*, 14(3), 257-268. doi: 10.1002/hfm.10065
- Keyserling, W. M., Stetson, D. S., Silverstein, B. A., & Brouwer, M. L. (1993). A Checklist for Evaluating Ergonomic Risk-Factors Associated with Upper Extremity Cumulative Trauma Disorders. *Ergonomics*, 36(7), 807-831.
- Kivimaki, M., & Lindstrom, K. (2006). Psychosocial approach to occupational health. In G. Salvendy (Ed.), *Handbook of Human Factors and Ergonomics* (3th ed., pp. 801-817): John Wiley & Sons, Inc.
- Klaiman, E., & Karniel, A. (2006). Bimanual adaptation: internal representations of bimanual rhythmic movements. *Experimental Brain Research*, 171(2), 204-214.
- Kleiner, B. M. (2006). Macroergonomics: Analysis and design of worksystems. *Applied Ergonomics*, 37, 81-89.

- Konz, S. (1983). *Work design: Industrial ergonomics*. Columbus, OH: Grid Publishing.
- Konz, S., & Johnson, S. (2000). Engineering design *Work Design: Industrial Ergonomics*. (5th Edition ed., pp. 31 - 47). Arizona, USA: Holcomb Hathaway Publishers inc.
- Konz, S., & Mital, A. (1990). *Work design: Industrial ergonomics*. Worthington, OH: Publishing Horizons.
- Koppelaar, E., & Wells, R. (2005). Comparison of measurement methods for quantifying hand force. *Ergonomics*, 48(8), 983 -1007.
- Korovkin, T., & Sanmiguel, O. (2007). Estándares de Trabajo e Iniciativas no Estatales en las Industrias Florícolas de Colombia y Ecuador *Revista de Ciencias Sociales Iconos*, 29.
- Kroemer, K., Kroemer, H., & Kroemer-Elbert, K. (1994). *Ergonomics: How to Design for Ease and Efficiency*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Kuijjer, P. P., van der Beek, A. J., van Dieen, J. H., Visser, B., & Frings-Dresen, M. H. (2005). Effect of job rotation on need for recovery, musculoskeletal complaints, and sick leave due to musculoskeletal complaints: A prospective study among refuse collectors. *American Journal of Industrial Medicine*, 47, 394-402.
- Kuijt-Evers, L. F. M., Bosch, T., Huysmans, M. A., de Looze, M. P., & Vink, P. (2007). Association between objective and subjective measurements of comfort and discomfort in hand tools. *Applied Ergonomics*, 38(5), 643-654.
- Kyriakidis, T. S., G., K., & Georgiadisa, M. C. (2012). MILP formulations for single- and multi-mode resource-constrained project scheduling problems. *Computers and Chemical Engineering*, 36, 369-385.
- Lanfranchi, J. B., & Dubeau, A. (2008). Explicative models of musculoskeletal disorders (MSD): From biomechanical and psychosocial factors to clinical analysis of ergonomics. *European Review of Applied Psychology-Revue Europeenne De Psychologie Appliquee*, 58(4), 201-213. doi: 10.1016/j.erap.2008.09.004
- Langaa, P. (2002). Human factors and ergonomics in the planning of production. *International Journal of Industrial Ergonomics* 29, 121-131.
- Latko, W. A., Armstrong, T. J., Franzblau, A., Ulin, S. S., Werner, R. A., & Albers, J. W. (1999). Cross-sectional study of the relationship between repetitive work and the prevalence of upper limb musculoskeletal disorders. *Am J Ind Med* (Vol. 36, pp. 248-259). United States: 1999 Wiley-Liss, Inc.
- Li, G., & Buckle, P. (1999). Current techniques for assessing physical exposure to work-related musculoskeletal risks, with emphasis on posture-based methods. *Ergonomics*, 42(5), 674-695.
- Lindbeck, A., & Snower, D. J. (2000). Multitask Learning and the Reorganization of Work: From Tayloristic to Holistic Organization. *Journal of Labor Economics*, 18(3), 353-376.

- Lowe, B. D., & Krieg, E. F. (2009). Relationships between observational estimates and physical measurements of upper limb activity. *Ergonomics*, 52(5), 569-583.
- Luczak, H., Kabel, T., & Licht, T. (2006). Task design and motivation. In G. Salvendy (Ed.), *Handbook of Human Factors and Ergonomics* (3rd Edition ed., pp. 384 - 421). Aachen, Germany: John Wiley & Sons, Inc.
- Maciel, R. (1998). Participatory ergonomics and organizational change. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 22(4-5), 319. doi: Doi: 10.1016/s0169-8141(97)00084-x
- MacLeod, D., & Kennedy, E. (1993). Job Rotation System. 12. Retrieved from Washington State Department of Labor & Industries website: <http://www.lni.wa.gov/wisha/ergoideas/DocumentsFiles/idea719.pdf>
- Maghsoudipour, M., & Moghimi, S. (2008). Association of Occupational and Non-occupational Risk Factors with the Prevalence of Work Related Carpal Tunnel Syndrome. *J Occup Rehabil* 18, 152–156.
- Malchaire, J., Cock, N., Piette, A., & Vergracht, S. (2001). Review of the factors associated with musculoskeletal problems in epidemiological studies. *Int Arch Occup Environ Health*(74), 79-90.
- Maravelias, C. T., & Sung, C. (2009). Integration of production planning and scheduling: Overview, challenges and opportunities. *Computers and Chemical Engineering*, 32, 1919-1930.
- Marie, P., & Foix, C. (1913). Atrophie isolee de l'eminence thenar d'origine nevritique. Role du ligament annulaire anterieur de carpe dans la pathogenic de la lesion. *Rev Neurol (Paris)*(26), 647-649.
- Marklund, S., Bolin, M., & von Essen, J. (2008). Can individual health differences be explained by workplace characteristics?- A multilevel analysis. *Soc Sci Med*, 66(3), 650-662.
- Marley, R., & Fernandez, J. (1995). Psychophysical frequency and sustained exertion at varying wrist postures for a drilling task. *Ergonomics*, 38, 303 - 325.
- Martínez, P. (2006). Estrategia metodológica de la investigación científica. *pensamiento & gestión.*, 20, 165-193.
- Mathiassen, S. E. (1993). The influence of exercise/rest schedule on the physiological and psychophysical response to isometric shoulder-neck exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 67, 528 - 539.
- McCormick, E. J., & Sanders, M. S. (1982). *Human factors in engineering and design* (5th ed.). New York: McGraw-Hill.
- Meister, D. (1995). [Divergent Viewpoints: Essays on Human Factors Questions].

- Melhorn, J. M., Wilkinson, L. K., & O'Malley, M. D. (2001). Successful Management of Musculoskeletal Disorders. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 7(7), 1801 - 1810.
- Miranda, R. (2008). Técnicas de Organización. In E. Soto (Ed.), *Teoría Organizacional* (pp. 39 - 63). Lima, Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Mital, A. (1991). *Handtools: Injuries, illnesses, design and usage*. (Mital, A. Karwowski, W. ed.). Amsterdam.
- Mital, A., & Kilbom, A. (1992). Design, selection and use of handtools to alleviate trauma of the upper extremities, Part I-Guidelines for the practitioner. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 10, 1-5.
- Mital, A., & Sanghavi, N. (1986). Comparison of maximum violation torque exertion capabilities of males and females using common hand tools. *Human Factors*, 28, 283-294.
- Moersch, F. (1938). Median thenar neuritis. *Proc Surg Meet Mayo Clin*, 13, 220-222.
- Monk, T. H., & Tepas, D. I. (1985). Shift work. . In C. L. Cooper & M. J. Smith (Eds.), *Job Stress and Blue Collar Work*. (pp. 65 - 84). New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Moore, J. M., & Garg, A. (1994). A comparison of different approaches for ergonomic job evaluation for predicting risk of upper extremity disorders. *Occupational Health and Safety*, 2.
- Murphy, L. R., & Sauter, S. L. (2004). *Work organization interventions: state of knowledge and future directions*. Birkhäuser Verlag, Basel.
- Murrell, K. F. H. (1965). *Ergonomics: Man in His Working Environment*. Chapman and Hall
- Musliua, N., G'artner, J., & Slany, W. (2002). Efficient generation of rotating workforce schedules. *Discrete Applied Mathematics*, 118 85-98.
- National Institute for Occupational Safety and Health. (1997). *Musculoskeletal Disorders and Workplace Factors: A Critical Review of Epidemiologic Evidence for Work-Related Musculoskeletal Disorders of the Neck, Upper Extremity, and Low Back*. (97B141). Cincinnati, OH: NIOSH.
- National Institute for Occupational Safety and Health. (2001). *Soluciones simples: Ergonomía para trabajadores agrícolas*. OH: Departamento de salud y servicios humanos.
- National Research Council. (2001). *Musculoskeletal Disorders and the Workplace: Low Back and Upper Extremities*. Washington, DC: National Academy Press.
- Nemeth, C. (2004). *Human Factors Methods for Design*. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Niebel, B. W., & Freivalds, A. (2001). *Ingeniería industrial: métodos, estándares y diseño de trabajo*. (10th ed.): The McGraw-Hill.

- Occhipinti, E. (1998). OCRA: a concise index for the assessment of exposure to repetitive movements of the upper limbs. *Ergonomics*, 41(9), 1290-1311.
- Occhipinti, E., & Colombini, D. (2003). *Risk assessment of upper limbs repetitive movements: overview of OCRA methods and new criteria for OCRA index classification*. Paper presented at the Proceedings of 27th ICOH conference, Iguasu Falls (Brasil).
- Occhipinti, E., & Colombini, D. (2004). Metodo OCRA: aggiornamento dei valori di riferimento e dei modelli di previsione dell'occorrenza di UL-WMSDs nelle popolazioni lavorative esposte a movimenti e sforzi ripetuti degli arti superiori. *La Medicina del Lavoro*, 95(4), 305-319.
- Occupational Safety and Health Administration (OSHA). (2000). *Ergonomics: The Study of Work*. (OSHA 3125). Washington, DC: OSHA.
- Occupational Safety and Health Administration (OSHA). (2011). Printing Industry Ergonomics: Glossary Department of Labor. Retrieved June, 2011, from <http://www.osha.gov/dcsp/products/etools/printing/glossary.html> - J
- Oncan, T. (2007). A Survey of the Generalized Assignment Problem and Its Applications. *INFOR.*, 45(3), 123-141.
- Ortega, J. (2001). Job Rotation as a Learning Mechanism. *Management Science*, 47, 1361-1370.
- Osorio, A., Ames, R., Jones, J., Castorina, J., Rempel, D., & Estrin, W. (1994). Carpal tunnel syndrome among grocery store workers. *Am J Ind Med*, 25(2), 229-245.
- Paul, P., Kuijter, F. M., Visser, B., & Kemper, H. C. (1999). Job rotation as a factor in reducing physical workload at a refuse collecting department. *Ergonomics*, 42(9), 1167 — 1178.
- Phalen, G. (1966). The carpal tunnel syndrome: 17 years experience in diagnosis and treatment of 654 hands. *J Bone Joint Surg Am*, 48, 211-228.
- Pheasant, S. (1996). *Bodyspace: Anthropometry, Ergonomics and Design* (2nd ed.). London: Taylor & Francis.
- Punnett, L., & Wegman, D. H. (2004). Work-related musculoskeletal disorders: the epidemiologic evidence and the debate. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 14(1), 13. doi: DOI: 10.1016/j.jelekin.2003.09.015
- Quiroz, M. L. (2001). La floricultura en Colombia en el marco de la globalización: Aproximaciones hacia un análisis micro y macroeconómico. *Revista Universidad de EAFIT*, 122, 59-68.
- Radwin, R. G., Marras, W. S., & Lavender, S. A. (2001). Biomechanical aspects of work-related musculoskeletal disorders. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 2(2), 153 - 217.
- Rehn, B. (2004). *Musculoskeletal disorders and whole-body vibration exposure among professional drivers of all-terrain vehicles*. Medical dissertations, Umeå University, Umeå, Sweden.

- Rodríguez, E., & Coves, A. (2005). *Asignación de personal polivalente, basada en tiempos de rotación del personal a las tareas, buscando la satisfacción prioritaria de las tareas*. Paper presented at the IX Congreso de Ingeniería de Organización, Gijón.
- Roel-Valdés, J., Arizo-Luque, V., & Ronda-Pérez, E. (2006). Epidemiología del síndrome del túnel carpiano de origen laboral en la provincia de Alicante: 1996-2004. *Revista Española de Salud Pública*, 80, 395-409.
- Roman-Liu, D. (2003). Maximum handgrip force in dependence of upper limb location - A meta analysis. *American Industrial Hygiene Association Journal*, 64, 609 - 617.
- Roman-Liu, D., Tokarski, T., & Kowalewski, R. (2005). Decrease of force capabilities as an index of upper limb fatigue. *Ergonomics*, 48(8), 930-948.
- Roussel, P. A., Saad, K. N., & Erickson, T. J. (1991). *Third Generation R&D*. Harvard Business School Press.
- Rusli, B., Edimansyah, B., & Naing, L. (2008). Working conditions, self-perceived stress, anxiety, depression and quality of life: A structural equation modelling approach. *BMC Public Health*, 8(48), 1 - 12. doi: 10.1186/1471-2458-8-48 <<http://dx.crossref.org/10.1186%2F1471-2458-8-48>>
- Salvendy, G. (Ed.). (1997). *Handbook of Human Factors and Ergonomics* (2nd ed.). New York: John Wiley & Sons.
- Salvendy, G. (Ed.). (2006). *Handbook of Human Factors and Ergonomics* (3th ed. Vol. 1). West Sussex (UK): John Wiley & Sons.
- Sanders, M. S., & McCormick, E. J. (1993). *Human Factors in Engineering and Design (7th Edition)* (7th Edition ed. Vol. 1). New York: McGraw-Hill.
- Sauter, S., Brightwell, W., & Colligan, M. (2002). *The changing organization of work and the safety and health of working people*. (Publication N° 2002- 116). Cincinnati, OH: National Institute for Occupational Safety and Health Retrieved from <http://www.cdc.gov/niosh/docs/2002-116>.
- Schneider, S., Davis, K., & Jorgensen, M. (2005). Ergonomics. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 2(1), D1 - D3.
- Schultz, I. Z., Stowell, A., Feuerstein, M., & Gatchel, R. J. (2007). Models of Return toWork for Musculoskeletal Disorders. *J Occup Rehabil*(17), 327-352.
- Shim, J., Kim, H., Lee, S., Park, M., & Lee, M. (2011). Comparison of Hand Power and Muscle Activation during Power Grip and Pinch Grip. *Journal physical therapy science*, 23, 459-461.
- Silverstein, B. A., Fine, L. J., & Armstrong, T. J. (1987). Occupational factors and carpal tunnel syndrome. *Am J Ind Med*, 11(3), 343 - 358.

- Silverstein, B. A., Stetson, D. S., Keyserling, W. M., & Fine, L. J. (1997). Work-related musculoskeletal disorders: comparison of data sources for surveillance. *Am J Ind Med* (Vol. 31, pp. 600-608). United States.
- Sluiter, J. K., Frings-Dresena, M. H. W., van der Beeka, A. J., & Meijmanb, T. F. (2001). The relation between work-induced neuroendocrine reactivity and recovery, subjective need for recovery, and health status. *Journal of Psychosomatic Research*, 50, 29 - 37.
- Smith, A. (1776). *An Inquiry into the Nature and Causes of the Wealth of Nations*. Chigago, USA.: The University of Chigago Press. Facsimile of 1904 ed edition (February 15, 1977).
- Smith, D. R. (2010). Analysis and Impact Factor Trends in the Ergonomics Journal List 1975-2007. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 20(1), 87-96.
- Sobeih, T., Salem, O., M.ASCE, Genaidy, A., Abdelhamid, T., & Shell, R. (2009). Psychosocial Factors and Musculoskeletal Disorders in the Construction Industry. *Journal of Construction Engineering and Management*, 135(4), 267-277.
- Social Security Office. (1997). *Social security statistics: Annual report*. Bangkok, Thailand: Ministry of Labor and Social Welfare.
- Sommerich, C. M., Marras, W. S., & Parnianpou, M. (1998). A method for developing biomechanical profiles of hand-intensive tasks. *Clinical Biomechanics*, 13 261-271.
- Spielholz, P., Silverstein, B., Morgan, M., Checkoway, H., & Kaufman, J. (2001). Comparison of self-report, video observation and direct measurement methods for upper extremity musculoskeletal disorder physical risk factors. *Ergonomics*, 44(6), 588-613.
- Spielholz, P., Silverstein, B., & Stuart, M. (1999). Reproducibility of a self-report questionnaire for upper extremity musculoskeletal disorder risk factors. *Applied Ergonomics*, 30 429-433.
- Sprigle, S., Flinn, N., Wootten, M., & McCorry, S. (2003). Brief report Development and testing of a pelvic goniometer designed to measure pelvic tilt and hip flexion. *Clinical Biomechanics*, 18, 462-465.
- Stanton, N., Hedge, A., Brookhuis, K., Salas, E., & Hendrick, H. W. (2004). *Handbook of Human Factors and Ergonomics Methods*. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Taha, H. A. (2010). *Operations Research: An introduction* (V. González, Trans. 9th ed.).
- Tanaka, S., Wild, D. K., Cameron, L. L., & Freund, E. (1997). Association of occupational and non-occupational risk factors with the prevalence of self-reported carpal tunnel syndrome in a national survey of the working population. *American Journal of Industrial Medicine*, 32, 550-556.
- Taylor, F. W. (1911, Digital in 2005). *The Principles of Scientific Management*. Boston, USA: Harvard University.

- The World Bank, & Mendez, J. A. (1991). *The Development of the Colombian Cut Flower Industry*. (WPS 660). Washington, DC: The World Bank.
- Tichauer, E. R. (1978). *The biomechanical basis of ergonomics*. New York: Wiley Interscience.
- Tichauer, E. R., & Gage, H. (1977). Ergonomic principles basic to handtool design. *American Industrial Hygiene Association Journal*, 38(11), 622- 634.
- Treaster, D., & Burr, D. (2004). Gender differences in prevalence of upper extremity musculoskeletal disorders. *Ergonomics*(47), 495-526.
- University of Michigan. (1988). Ergonomics definition. In U. o. M. C. f. Ergonomics (Ed.), *Center of Ergonomics, College of Engineering*. MI.
- Vallier, N., Saba, G., Ricordeau, P., Fender, P., & Allemand, H. (2004). *Motifs médicaux et environnement socioprofessionnel des assurés en arrêt de travail du régime général*. Paris: CNAMTS.
- Van Eerd, D., Hogg-Johnson, S., Mazumder, A., Cole, D., Wells, R., & Moore, A. (2009). Task exposures in an office environment: a comparison of methods. *Ergonomics*, 52, (10), 1248-1258.
- van Veldhoven, M. J. P. M., & Sluiter, J. K. (2009). Work-related recovery opportunities: testing scale properties and validity in relation to health. *Int Arch Occup Environ Health*, 82, 1065-1075.
- Vicente, K. J. (2004). *The human factor: revolutionizing the way people live with technology*. New York: Routledge.
- Weinstock-Zlotnick, G., Bear-Lehman, J., & Yu, T. Y. (2011). A Test Case: Does the Availability of Visual Feedback Impact Grip Strength Scores When Using a Digital Dynamometer? *Journal of Hand Therapy* 24, 266 - 276.
- Wells, R., McFall, K., & Dickerson, C. R. (2010). Task selection for increased mechanical exposure variation: Relevance to job rotation. *Ergonomics*, 53(3), 314 - 323.
- Wergeland, E. L., Veiersted, B., Ingre, M., Olsson, B., Åkerstedt, T., & BjørnskauVarg, N. (2003). A shorter workday as a means of reducing the occurrence of musculoskeletal disorders. *Scan J Work Environ Health*, 29(1), 27-34.
- West, W., Hicks, A., Clements, L., & Dowling, J. (1995). The relationship between voluntary electromyogram, endurance time and intensity of effort in isometric handgrip exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 71, 301 - 305.
- Westgaard, R. H., & Winkel, J. (1997). Ergonomic intervention research for improved musculoskeletal health: A critical review. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 20(6), 463. doi: 10.1016/s0169-8141(96)00076-5
- Wilson, J. R. (2000). Fundamentals of ergonomics in theory and practice. *Applied Ergonomics*, 31(6), 557-567. doi: Doi: 10.1016/s0003-6870(00)00034-x

- Wilson, J. R., & Corlett, E. N. (Eds.). (1995). *Evaluation of Human Work: A Practical Ergonomics Methodology* (2nd ed.). London: Taylor & Francis.
- Wilson, M. G., DeJoy, D. M., Vandenberg, R. J., Richardson, H. A., & McGrath, A. L. (2004). Work characteristics and employee health and well-being: Test of a model of healthy work organization. *Journal of Occupational and Organizational Psychology*, 77, 565-588.
- Winkel, J., & Mathiassen, S. E. (1994). Assessment of physical work load in epidemiologic studies: concepts, issues and operational considerations. *Ergonomics*, 37, 979 - 989.
- Woodson, W. E. (1981). *Human Factors Design Handbook*. New York: McGraw-Hill.
- Worksafe Australia. (1996). *Compendium of workers' compensation statistics*. Sydney, Australia.: National Occupational Health and Safety Statistics.
- Worksafe Australia. (1997). *Compendium of workers' compensation statistics*. Sydney, Australia.: National Occupational Health and Safety Statistics.
- World Health Organization. (1985). *Identification and Control of Work-Related Diseases*. WHO.
- Yin, R. (2009). *Case study research: design and methods* (4th ed. Vol. 5). USA: SAGE.
- Zink, K. J. (2000). Ergonomics in the past and the future: from a German perspective to an international one. *Ergonomics*, 43(7), 920 - 930.



# Anexos

- Anexo A. Protocolo detallado de la fase de campo.**
- Anexo B. Entrevista en Profundidad**
- Anexo C. Palabras clave de búsqueda**
- Anexo D. Videoteca**
- Anexo E. Diagrama bimanual para actividades de cosecha**
- Anexo F. Formato método OCRA en las actividades de cosecha de rosas**
- Anexo G. Prueba Scheffe comparaciones múltiples**
- Anexo H. Informe Programación de tareas basado en estructura de redes**

## ANEXOS

Anexo A. Protocolo detallado de la fase de campo

### PROTOCOLO DETALLADO DE LA FASE DE CAMPO

#### Introducción

El objetivo del protocolo es recolectar información referente a la exposición a factores de riesgo asociados con el desarrollo de trastornos musculoesqueléticos de miembros superior relacionados con el trabajo en la operación de cultivo/cosecha. Los factores de riesgo que serán estudiados son de tipo biomecánico, 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 de tipo organizacional.

Este documento presenta una guía detallada de las actividades a realizar para la recolección de esta información, atendiendo a los principios de integridad, calidad, representatividad y obtención oportuna de los datos. Comprende tres secciones. La primera describe las actividades del macro proceso llevado a cabo en cada una de las empresas participantes, en ella se desarrollan actividades de coordinación como la programación de visitas, requisición de información general de la empresa y sus procesos, entre otros. La segunda detalla el proceso que se realizará en cada día de visita, el cual comprende el conjunto de actividades que se deben llevar a cabo en un día genérico de recolección de datos y finalmente la tercera sección que explica los criterios para tener en cuenta en caso de imprevistos y una breve guía de respuestas estandarizadas frente a las preguntas típicas que se esperan por parte de los trabajadores.

#### Etapas a proseguir con cada organización

##### 1. Requerimiento de recursos e información preliminar a las empresas:

Previo a las actividades de medición se contactará a las empresas seleccionadas para informales formalmente de su participación y de los requerimientos detallados de recursos e información del proyecto.

###### 1.1. Requerimientos de recursos:

- 1 persona de la empresa que sirva de intermediaria entre el investigador y los trabajadores
- 1 persona de recolección de información (entrevistas y filmación).
- Tiempo estimado requerido por cada puesto de trabajo

###### 1.2. Requerimientos de información preliminar:

- Información de los horarios de trabajo. Hora de inicio y finalización de la jornada y si se trabaja en días sábados o festivos.
- Horas de trabajo totales por día/semana promedio durante el año (incluyendo horas extras).
- Dedicación promedio del último año en horas al proceso (cosecha) y subproceso relevante (por ejemplo, actividades de selección y corte).

##### 2. Criterios de inclusión de trabajadores a ser filmados

Todos los trabajadores actuales de las empresas que cumplan con todas las siguientes condiciones:

- Tienen un tiempo de vinculación superior a un (1) año
- Durante el último año de trabajo, han estado asignados a labores en el área de cultivo

- Personas que no posean la patología ni tipo musculoesquelético.  
No existe ningún otro criterio de inclusión basado en género o edad del trabajador.

### 3. Programación de visitas para recolección de datos

Se coordinará con cada una de las empresas el cronograma de visita para recolección de datos. Previa aceptación de la fecha propuesta por parte de la empresa, se confirmará con el investigador principal la programación.

### 4. Recolección de datos

Una vez programada la fecha de visita, el investigador propondrá un cronograma detallado en el que se presentarán las actividades y los puestos de trabajado que serán estudiados.

#### 4.1. Aspectos Generales

Espacio general: Cada sesión de trabajo debe ser mantenida en una atmósfera de formalidad con un trato amable y respetuoso para con el participante.

Reacción ante preguntas del participante durante la sesión: Cuando esto ocurra, es importante considerar que los trabajadores tienen el derecho a conocer esta información; por esto es importante que se responda de manera satisfactoria y considerada a sus preguntas, evitando revelar información que pueda sesgar sus respuestas futuras.

#### 4.2. Llegada a la empresa y preparación [30 minutos, Equipo de campo]

#### 4.3. Presentación con el trabajador [10 min, Profesionales de recolección de datos]

#### 4.4. Observación [15 min, Ingenieros]

- Previo a la observación la cámara debe estar lista para filmar y con suficiente batería y espacio en el disco duro. Así mismo, se debe disponer de los puntos de cinta reflexiva previamente cortados.
- Se debe preparar el formato de observación (Método OCRA).
- Identificar de antemano cuáles son los sitios por donde se va a desplazar el trabajador y determinar cuáles son los planos de filmación que se van a utilizar, y consecuentemente con esto, determinar dónde se ubicará el trípode de la cámara (en casos en que el trabajador permanezca en un área pequeña por periodos de tiempo).
- Ubicar la cámara en una posición que permita obtener una perspectiva de todo el miembro superior mientras realiza una tarea.
- Explicarle al trabajador que debe permanecer indiferente frente a la cámara y solicitarle que trabaje de forma normal
- *“...mientras usted trabaja nosotros vamos a estar con usted acá tomando algunas notas y la cámara estará filmando. Por favor haga su trabajo de manera normal”*
- Durante la medición, en casos en los que el trabajador cambia de lugar frecuentemente, se intentará capturar un tiempo representativo de cada tarea importante de su trabajo (aquellas que consuman aproximadamente el 10% o más de su turno regular o que aunque no consumen mucho tiempo, se consideran subjetivamente de alto esfuerzo), en diferentes planos (frontal, sagital) y con diferentes niveles de zoom (de tal manera que cumplan con los requerimientos para análisis posterior con la herramienta OCRA (Colombini, 1998).

#### 4.5. Administración de los datos obtenidos

Al final se realizará un inventario de los equipos para asegurarse que esté completo. Igualmente, se hará un inventario de los datos obtenidos y se actualizará la programación de actividades de medición en la empresa con el fin de conocer los avances de forma oportuna. Adicionalmente se realizarán copias de seguridad periódicas (al menos semanalmente) de los datos digitados. Los registros en medios magnéticos se guardarán en la computadora de campo y en un disco duro externo inmediatamente después de cada sesión de trabajo.

#### 5. Finalización y agradecimiento

Para finalizar el proceso se les realizarán algunas preguntas con el objeto de recibir retroalimentación por parte de los trabajadores y promover la satisfacción de estos con el proceso de recolección de datos:

*“Antes de finalizar nos gustaría, ya por último, hacerle unas pocas preguntas:*

*¿Qué le gustó del proceso que acabamos de realizar?*

*De igual forma, ¿Qué le disgustó?*

*En nombre de la Universitat Politècnica de Catalunya queremos agradecerle su participación y esperamos que tenga un muy buen día.*

#### 6. Conclusión del proceso en cada empresa

Una vez obtenidos los datos que se requieren para el análisis se dará por concluida esta fase con la empresa. Se presentarán agradecimientos a las personas que facilitaron el estudio, los trabajadores participantes, informando que el reporte de los resultados sería entregado una vez se concluya el documento final de la disertación, y esperando que futuros ajustes sean el resultado de la retroalimentación que el tribunal evaluador de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) realice en el momento de su defensa.

#### 7. Manejo de imprevistos

Se consideran imprevistos, 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, del equipo de recolección de datos, el buen estado de los bienes de la empresa o de los equipos usados en este trabajo o la información recolectada en el estudio. En caso de presentarse imprevistos se deben tener en cuenta las siguientes prioridades a la hora de tomar cualquier tipo de decisión: 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 y el menor tiempo de duración/implementación

## ENTREVISTA EN PROFUNDIDAD

### Introducción

Muy buenos días, mi nombre es Luis Saavedra y el día de hoy nos hemos reunido para sostener una breve entrevista con el encargado del proceso de cultivo/cosecha con el fin de conocer a profundidad dicha actividad teniendo en cuenta algunos datos Organizativos y de producción que contribuyan al desarrollo de la investigación titulada “Análisis de los factores de la organización del trabajo (OT) y su influencia en la exposición a factores de riesgo por carga física biomecánica en el proceso de cosecha de rosas en Colombia”. Es importante recalcar que la información obtenida es para la alimentación de los métodos de diagnóstico, es decir con fines exclusivamente académicos, la cual no será utilizada en ningún caso para otros efectos.

### Desarrollo

Entrando en materia, nuestra primera inquietud se basa en el conocimiento global de la actividad, ante ello, ¿Nos podría contar brevemente los procesos que se llevan a cabo en su área? ¿El proceso cliente de los procesos que se realiza en su área solamente es postcosecha?

- ¿Cuántos turnos de trabajo existen en el cultivo? ¿Cuál es el horario de cada turno? ¿Cambian de turnos?
- ¿Qué horarios hay de corte, poda y otras labores en el cultivo?
- ¿Existe una pausa para almorzar? ¿Cuánto tiempo se dispone para esta actividad?
- ¿Existen tiempos de descanso establecidos según el contrato de trabajo? ¿Qué duración tienen? ¿Existen descansos reales que se realizan por fuera de lo acordado contractualmente?, de ser así ¿qué duración tienen?
- ¿Existen pausas activas durante el desarrollo de la labor?
- ¿Las personas realizan rotaciones de los puestos de trabajo durante la jornada de trabajo? ¿Con que puestos rotan? ¿Cada cuánto las realizan?
- ¿Cuál es la producción estimada en número de tallos / botones? ¿Es por turno, diaria, quincenal, mensual, trimestral o anual? De igual manera le recordamos que el valor es necesario para la evaluación del trabajo repetitivo no es de carácter de eficiencia del trabajador frente a su puesto de trabajo.
- ¿Qué estándar de producción es exigido como mínimo a cada trabajador ¿??
- ¿Qué restricciones en cuanto a producto existe actualmente que condicione la manera como se realizan las tareas? ¿Cuál es la razón de la altura de corte y selección del producto? ¿Es posible la disminución de esta condición? ¿Por qué?
- ¿Existen variaciones de las tareas dependiendo de la variedad de flor que diferencien mucho las tareas actuales?
- Considera que las herramientas utilizadas en el proceso (tijeras, trinchas, mangueras, azadones, rastrillos entre otros) ¿son los adecuados para el desarrollo de las tareas? O considera que existen herramientas sustitutas a las herramientas actuales
- ¿Con que frecuencia se le realiza el mantenimiento a cada una de las herramientas? ¿Las herramientas poseen una hoja de registro del mantenimiento que se le realiza?
- (Otra pregunta que surja a consecuencia del desarrollo de la entrevista)

**Finalización.** Finalmente, agradecerle el habernos otorgado esta valiosa información y el tiempo utilizado para responder a las inquietudes traídas el día de hoy.

ANEXO C. Palabras clave de búsqueda.

Exposiciones laborales de tipo físico	Escenarios de trabajo y labores	Procesos y Tecnologías	MSD del miembro superior
Ergonomicexposure	Agricultural	Biotechnologyadvances	Carpal tunnel syndrome
Exertion	Agriculture	Cutting	CTD
Fatigue	Crop	Ergonomics of cutting	Cumulative trauma disorder
Force	Cultivator	Flowers characteristics	Disease
Mechanical factor	Farm	Genetic	Disorder
Mechanicalrisk factor	Floriculture	Genetically transforms	Injuries
Physical exertion	Flower	Harvesting	Injury
Physical risk factors	Horticulture	Harvestingmechanisation	MSD
Postural demand	Industrial	Laser cutting	Musculoskeletal disease
Postural exertion	Industry	Laser technology	Musculoskeletal disorder
Posture	Occupational	Morphology	Musculoskeletal injuries
Repetition	Ornamental	Precisionagriculture	Musculoskeletal Strain
Repetitive	Organization	Productiontechnology	Repetitivestrain injuries
Workdemand	Roses	Pruning	Repetitivestraininjury
Workexertion	Work	Robot harvesting	RSI
Work load	Worker	Ultrasoniccutting	WRMSD
Work pace	Workplace	Scissorscutting	WRULD

Intervenciones	Exposiciones sociorganizativos	Regiones anatómicas	Métodos de valoración
Ergonomics Assessment	Effort-reward	Arm	OCRA
Epidemiologyreview	Job demand	Elbow	REBA
Epidemiological study	Job autonomy	Hand	RULA
Macroergonomics	Job rotation	Shoulder	NIOSH
Macro-ergonomics	Management model	Upperlimb	JSI
New tool	Methods	Upperextremity	INDEX
Organizational change	OperationAnalysis	Wrist	RENAULT
Redesign	Pauses	Finger	LEST
Re-design	Recovery		OWAS
Reengineering	Rotation		EMG
Re-engineering	Taskdemand		HAL-ACGIH
Rest break	Workpressure		VIDAR
Task design	Workplace factor		Video
Work design	Lineal programing		Self-report
Work organization	Ambidestroux		Observation

## Anexo D. Videoteca.

	A	B	C	D	E	F
1	Tarea	Descripción	Video 1	Video 2	Video 3	Video 4
2	Agobio	Revisar y seleccionar los tallos más delgados (no útiles para producción) y doblarlos manualmente hacia abajo (sin partidos), ubicándolos bajo los alambres que atraviesan las camas (sobre la tierra), con el fin de colocar reserva a la planta.	<a href="#">Agobio</a>			
3	Bajar cortinas	Mediante unas poleas se suben y bajan diariamente las cortinas en cada invernadero para controlar la iluminación y no afectar la producción.	<a href="#">Bajar cortinas</a>	<a href="#">Bajar cortinas</a>		
4	Barrer	Barrer entre camas asignadas, con el fin de sacar el material vegetal sobrante de dichos lugares y ubicarlo en los caminos centrales.	<a href="#">Barrer rastrillo</a>	<a href="#">Barrer rastrillo</a>	<a href="#">Barrer escoba</a>	
5	Basales	Revisar y eliminar, en cada cama asignada, las yemas que se consideran que están en exceso. Esta actividad se hace después de la programación en corte, con el fin de mantener la calidad de los tallos en camas de producción, especialmente evitar terminaciones improductivas (cicatrices y rodillas).	<a href="#">Basales</a>			
6	Control de hierbas	Quitar de raíz todo tipo de maleza ubicado en la camas asignadas, en los caminos entre camas y centrales, con el fin de mantener el agua y fertilizantes disponibles exclusivamente para la planta.	<a href="#">Control Hierbas</a>	<a href="#">Control Hierbas</a>		
7	Desbotone	Revisar y quitar manualmente, en cada cama asignada, los brotes laterales que salen de cada arbusto, con el fin de dejar solamente el botón principal.	<a href="#">Desbotone</a>	<a href="#">Desbotone</a>	<a href="#">Desbotone con zancos</a>	<a href="#">Desbotone con gancho</a>
8	Descabece	Revisar y quitar, en cada cama asignada, las cabezas de las flores que ya no cumplen con las especificaciones de la recolección (flores muy abiertas, flores torcidas...etc.).	<a href="#">Descabece</a>	<a href="#">Descabece alto</a>	<a href="#">Descabece Bajo</a>	<a href="#">Descabece bajo</a>
9	Deschute-despatrone	Revisar y quitar, en cada cama asignada, el chupón o patrón que se presenta en la corona como en la base de la planta. Además incluye colocar los patrones en el carro de corte y luego depositarlos en bolsas plásticas situadas en el camino central del invernadero o en el carro de basura.	<a href="#">Despatrone</a>			
10	Desenmalle	Retirar las mallas de los botones enmallados de las camas según sea necesario en cada variedad y ubicar las mallas en el delantal de los trabajadores.	<a href="#">Desenmalle</a>	<a href="#">Desenmalle</a>		
11	Despeine de tallo	Revisar y rubicar aquellos tallos que se encuentran fuera de los alambres que corresponden a las dimensiones de la cama asignada, así, el tallo vuelve a tomar su recorrido original permitiendo evitar desdoblamientos que perjudiquen el crecimiento de la rosa.	<a href="#">Despeine tallos</a>			
12	Enmalle	Colocar una malla a los botones de algunas variedades, con el fin de protegerlos de la luz que altera su color, también para retardar su apertura o para engrosarlos.	<a href="#">Enmalle</a>	<a href="#">Enmalle</a>	<a href="#">Enmalle</a>	
13	Erradicación	Revisar hoja por hoja de las camas de las flores y detectar cualquier anomalía, plaga, enfermedad en las hojas. Las hojas que tengan algunos de estas afecciones se retiran y se ponen dentro del delantal del trabajador o en el carrito, para ser retiradas de los invernaderos.	<a href="#">Erradicación</a>			
14	Poda o Programación	Revisar y hacer cortes de los tallos más gruesos, de basales y ramilletes en cada cama asignada, con el fin de preparar los tallos para futuras producciones de flores.	<a href="#">Poda supinacion</a>	<a href="#">Poda supinacion</a>	<a href="#">Poda supinacion</a>	
15	Riego	Riego con manguera para mantener hidratada la tierra. El riego con agua entre camas se hace también para disminuir plagas como arañas.	<a href="#">Riego</a>	<a href="#">Riego</a>		
16	Sacar basura	Recoger en bolsas o canastas las hojas y residuos de las actividades que son barridas y apiladas entre las camas y en el pasillo del invernadero, luego transportar las bolsas o canastas hacia el lugar de compostaje, mediante poleas o por carritillas.	<a href="#">Sacar Basura</a>			
17	Selección y corte de flor	Seleccionar de cada cama asignada, la flor de punto y cortarla con tijera, respetando los parámetros de corte (dejar tres o cuatro yemas viables). En algunos casos se sumerge la tijera en un líquido desinfectante antes de cortar la rosa.	<a href="#">Corte de rosa</a>	<a href="#">Corte de rosa (Color)</a>	<a href="#">Corte de rosa (Frio)</a>	<a href="#">Corte de rosa hidropónico</a>
18	Trinchar (escarificar)	Alojar o remover la tierra del suelo, en cada cama asignada, con el fin de airear la raíz de la planta y permitir la entrada de nutrientes y agua, lo que permite que se fortalezcan las raíces. Para esta labor debe utilizarse el trincho.	<a href="#">Escarificar</a>			

Anexo E. Diagrama bimanual para las actividades de cosecha de rosas.



### Diagrama de proceso bimanual

Operación: **DESHIERBE (control de hierbas)**

Analista: Luis Saavedra Robinson      Fecha: 13/11/11

Método: Actual       Propuesto

Resumen	Mano Izq.	Mano der
Tiempo efectivo	3,6	0
Tiempo inefectivo	1,03	4,63
Tiempo de ciclo	4,63	

**Descripción:**

Quitar de raíz todo tipo de maleza ubicado en la camas asignadas, en los caminos entre camas y en los caminos centrales, con el fin de mantener el agua y fertilizantes disponibles exclusivamente para la planta. Esta actividad se hace manualmente, ayudado ocasionalmente del azadón.

**Esquema:**



Descripción mano izquierda	Simb.	Tiempo			Tiempo	Simb.	Descripción mano derecha
Coger	CO	1,04					
Coger	CO	0,56					
Coger	CO	0,64					
Coger	CO	0,48					
Coger	CO	0,88					

Análisis de los factores de la organización del trabajo (OT) y su influencia en la exposición a factores de riesgo por carga física biomecánica en el proceso de cosecha de rosas en Colombia.

### Diagrama de proceso bimanual

Operación: **PODA O PROGRAMACIÓN**

Analista: Luis Saavedra Robinson      Fecha: 13/11/11

Método: Actual  Propuesto

Resumen	Mano Izq.	Mano der
Tiempo efectivo	3,8seg	5,88seg
Tiempo inefectivo	2,95seg	0,87seg
Tiempo de ciclo	6,75seg	

**Descripción:**

Revisar y hacer cortes de los tallos más gruesos, de basales y ramilletes en cada cama asignada, con el fin de preparar los tallos para futuras producciones de flores. Esta tarea también incluye guardar los tallos en el carro de corte que lleva el trabajador y luego ubicarlos en los centrales del invernadero o en los carros de basura. Por último se incluye en esta tarea dejar el carro de corte limpio y bocabajo en el lugar asignado.



Descripción mano izquierda	Simb.	Tiempo	Tiempo	Simb.	Descripción mano derecha
			0,87	CO	Coger tijera
			0,53	A	Alcanzar tallo
Alcanzar tallo	A	0,6	0,6	HR	Halar tallo
Coger tallo	CO	0,33	1,47	PO	Preposicionar tijera
Sostener tallo	SO	2,27	1,13	CT	Cortar tallo
Mover tallo cortado	MO	0,27	0,27	SR	Soltar tallo
Soltar tallo cortado	SR	0,33	0,33	CO	Coger tallo
			0,8	MO	Mover tallo cortado
			0,75	SR	Soltar tallo cortado

Análisis de los factores de la organización del trabajo (OT) y su influencia en la exposición a factores de riesgo por carga física biomecánica en el proceso de cosecha de rosas en Colombia.

### Diagrama de proceso bimanual

Operación: **SELECCIÓN Y CORTE DE FLOR**

Analista: Luis Saavedra Robinson      Fecha: 13/11/11

Método: Actual       Propuesto

Resumen	Mano Izq.	Mano der
Tiempo efectivo	4,86seg	5,33seg
Tiempo inefectivo	2,34seg	1,87seg
Tiempo de ciclo	7,2seg	

**Descripción:**

Seleccionar de cada cama asignada, la flor de punto y cortarla con tijera, respetando los parámetros de corte (dejar tres o cuatro yemas viables). En algunos casos se sumerge la tijera en un líquido desinfectante antes de cortar la rosa.



Descripción mano izquierda	Simb.	Tiempo		Tiempo	Simb.	Descripción mano derecha
Alcanzar rosa	A	0,47		0,37	CO	Coger tijera
Coger tallo	CO	0,93		1,06	SU	Sumergir tijera en desinfectante
Sostener tallo	SO	3,33		1,67	A	Alcanzar tallo (Revisar punto corte)
				1,23	PO	Preposicionar tijera
				0,47	CR	Cortar tallo
Mover tallo	MO	0,6		0,53	SR	Soltar tallo
Soltar tallo	SR	0,23		0,27	CO	Coger tallo
Coger tallo	CO	0,2		0,33	SR	Soltar tallo
Posicionar tallo	PO	1,03				
Soltar tallo	SR	0,41				

Análisis de los factores de la organización del trabajo (OT) y su influencia en la exposición a factores de riesgo por carga física biomecánica en el proceso de cosecha de rosas en Colombia.

### Diagrama de proceso bimanual

Operación:	<b>ERRADICACIÓN (control de plagas)</b>	Resumen	Mano Izq.	Mano der
Analista:	Luis Saavedra Robinson	Fecha:	13/11/11	
Método:	Actual <input checked="" type="checkbox"/>	Tiempo efectivo	2,33seg	
	Propuesto <input type="checkbox"/>	Tiempo inefectivo	0,00seg	
		Tiempo de ciclo	2,33seg	

**Descripción:**

Revisar hoja por hoja de las camas de las flores y detectar cualquier anomalía, plaga, enfermedad en las hojas. Las hojas que tengan algunos de estas afecciones se retiran y se ponen dentro del delantal del trabajador o en el carrito, para ser retiradas de los invernaderos. Se hacen reportes al supervisor en caso de ser un caso de gravedad.



Descripción mano izquierda	Simb.	Tiempo	Tiempo	Simb.	Descripción mano derecha
Alcazar hoja	A	1,2			
Coger hoja	CO	0,23			
Quitar hoja	Q	0,5			
Soltar hoja en lona	SR	0,41			

Análisis de los factores de la organización del trabajo (OT) y su influencia en la exposición a factores de riesgo por carga física biomecánica en el proceso de cosecha de rosas en Colombia.

### Diagrama de proceso bimanual

Operación: **DESBOTONE**

Analista: Luis Saavedra Robinson      Fecha: 13/11/11

Método:      Actual    
                  Propuesto

Resumen	Mano Izq.	Mano der
Tiempo efectivo	5,42seg	5,42seg
Tiempo inefectivo	0,00seg	0,00seg
Tiempo de ciclo	5,42seg	

**Descripción:**

Revisar y quitar manualmente, en cada cama asignada, los brotes laterales que salen de cada arbusto, con el fin de dejar solamente el botón principal. Los brotes que fueron desbotonados se depositan en la lona que lleva el trabajador y luego esta se dispone en bolsas plásticas situadas en el camino central del invernadero.



Descripción mano izquierda	Simb.	Tiempo		Tiempo	Simb.	Descripción mano derecha
Alcanzar tallo	A	0,8		0,67	A	Alcanzar tallo
Coger tallo	CO	0,78		0,8	CO	Coger tallo
				0,33	A	Alcanzar brote
Sostener tallo	SO	3,08		2,93	Q	Quitar brotes
Soltar tallo	SR	0,76		0,69	SR	Soltar brote en la lona

Análisis de los factores de la organización del trabajo (OT) y su influencia en la exposición a factores de riesgo por carga física biomecánica en el proceso de cosecha de rosas en Colombia.

### Diagrama de proceso bimanual

Operación: **DESCABECE**

Analista: Luis Saavedra Robinson      Fecha: 13/11/11

Método: Actual  Propuesto

Resumen	Mano Izq.	Mano der
Tiempo efectivo	1,54seg	1,54seg
Tiempo inefectivo	0,00seg	0,00seg
Tiempo de ciclo	1,54seg	

**Descripción:**

Revisar y quitar, en cada cama asignada, las cabezas de las flores que ya no cumplen con las especificaciones de la recolección (flores muy abiertas, flores torcidas...etc.). Guardar los botones en la lona que lleva el trabajador y luego depositarla en bolsas plásticas situadas en el camino central del invernadero.



Descripción mano izquierda	Simb.	Tiempo		Tiempo	Simb.	Descripción mano derecha
Alcanzar tallo	A	0,41		0,78	A	Alcanzar tallo
Coger tallo	CO	0,24		0,26	CO	Coger cabeza
Presposicionar tallo	PO	0,54		0,24	Q	Quitar Cabeza
Soltar tallo	SR	0,35		0,26	SR	Soltar cabeza en lona

Análisis de los factores de la organización del trabajo (OT) y su influencia en la exposición a factores de riesgo por carga física biomecánica en el proceso de cosecha de rosas en Colombia.

### Diagrama de proceso bimanual

Operación: **ENMALLE**

Analista: Luis Saavedra Robinson      Fecha: 13/11/11

Método: Actual  Propuesto

Resumen	Mano Izq.	Mano der
Tiempo efectivo	4,62seg	4,94seg
Tiempo inefectivo	0,32seg	0,00seg
Tiempo de ciclo	4,94seg	

**Descripción:**

Colocar una malla a los botones de algunas variedades, con el fin de protegerlos de la luz que altera su color, también para retardar su apertura o para engrosarlos.



Descripción mano izquierda	Simb.	Tiempo		Tiempo	Simb.	Descripción mano derecha
Alcanzar malla	A	0,47		0,47	A	Alcanzar malla
Coger malla	CO	0,52		0,4	SE	Separar malla
Alcanzar flor	A	1,62		0,92	A	Alcanzar tallo
Coger flor	CO	0,59		0,89	PO	preposicionar tallo
Preposicionar flor	PO	0,71		0,26	SR	Soltar tallo
Sostener flor	SO	0,32		0,44	A	Alcanzar flor
Soltar flor	SR	0,76		0,43	CO	Coger flor
				0,33	PO	preposicionar malla
				0,76	SR	Soltar flor

Análisis de los factores de la organización del trabajo (OT) y su influencia en la exposición a factores de riesgo por carga física biomecánica en el proceso de cosecha de rosas en Colombia.

### Diagrama de proceso bimanual

Operación: **DESENMALLE**

Analista: Luis Saavedra Robinson      Fecha: 13/11/11

Método:      Actual    
                  Propuesto

Resumen	Mano Izq.	Mano der
Tiempo efectivo	0,00seg	1,38seg
Tiempo inefectivo	1,38seg	0,00seg
Tiempo de ciclo	1,38seg	

Descripción:

Retirar las mallas de los botones enmallados de las camas según sea necesario en cada variedad y ubicar las mallas en el delantal de los trabajadores.



Descripción mano izquierda	Simb.	Tiempo	Tiempo	Simb.	Descripción mano derecha
			0,4	A	Alcanzar malla
			0,38	Q	Quitar malla
			0,6	SR	Soltar malla en lona

Análisis de los factores de la organización del trabajo (OT) y su influencia en la exposición a factores de riesgo por carga física biomecánica en el proceso de cosecha de rosas en Colombia.

### Diagrama de proceso bimanual

Operación:

Analista:  Fecha:

Método: Actual  Propuesto

Resumen	Mano Izq.	Mano der
Tiempo efectivo	3,31seg	2,58seg
Tiempo inefectivo	0,51seg	1,24seg
Tiempo de ciclo	3,82 seg	

**Descripción:**

Revisar y seleccionar los tallos más delgados (no útiles para producción) y doblarlos manualmente hacia abajo (sin partirlos), ubicándolos bajo los alambres que atraviesan las camas (sobre la tierra), con el fin de colocar reserva a la planta. La cantidad de hojas es un factor determinante para la producción de la rosa. El agobio permite aumentar el área foliar.



Descripción mano izquierda	Simb.	Tiempo	Tiempo	Simb.	Descripción mano derecha
Separar el resto de tallos	SE	1,44	1,62	CO	Coger
Sostener	SO	1,87	0,96	DO	Doblar

Análisis de los factores de la organización del trabajo (OT) y su influencia en la exposición a factores de riesgo por carga física biomecánica en el proceso de cosecha de rosas en Colombia.

### Diagrama de proceso bimanual

Operación: **ESCARIFICAR**

Analista: Luis Saavedra Robinson      Fecha: 13/11/11

Método:      Actual       Propuesto

Resumen	Mano Izq.	Mano der
Tiempo efectivo	2,20seg	2,20seg
Tiempo inefectivo	0,00seg	0,00seg
Tiempo de ciclo	2,20seg	

**Descripción:**

Aflojar o remover la tierra del suelo, en cada cama asignada, con el fin de airear la raíz de la planta y permitir la entrada de nutrientes y agua, lo que permite que se fortalezcan las raíces. Para esta labor debe utilizarse el escarificador o trinchas.



Descripción mano izquierda	Simb.	Tiempo	Tiempo	Simb.	Descripción mano derecha
Preposicionar escarificador	PO	0,35	0,35	PO	Preposicionar escarificador
Arrastrar escarificador	AR	1,12	1,12	AR	Arrastrar escarificador
Levantar escarificador	LE	0,4	0,4	LE	Levantar escarificador
Preposicionar escarificador	PO	0,33	0,33	PO	Preposicionar escarificador

Análisis de los factores de la organización del trabajo (OT) y su influencia en la exposición a factores de riesgo por carga física biomecánica en el proceso de cosecha de rosas en Colombia.

### Diagrama de proceso bimanual

Operación: **SACAR BASURA**

Analista: Luis Saavedra Robinson      Fecha: 13/11/11

Método: Actual  Propuesto

Resumen	Mano Izq.	Mano der
Tiempo efectivo	4,54seg	95,04seg
Tiempo inefectivo	90,5seg	0,00seg
Tiempo de ciclo	95,04seg	

**Descripción:**

Recoger en bolsas o canastas las hojas y residuos de las actividades que son barridas y apiladas entre las camas y en el pasillo del invernadero, luego trasportar las bolsas o canastas hacia el lugar de compostaje, mediante poleas o por carretillas.



Descripción mano izquierda	Simb.	Tiempo	Tiempo	Simb.	Descripción mano derecha
Alcanzar residuos	A	0,27	0,27	A	Alcanzar residuos
Coger residuos	CO	0,33	0,33	CO	Coger residuos
Mover Residuos	MO	1,02	1,02	MO	Mover Residuos
Soltar residuos en bolsa o canasta	SR	0,34	0,34	SR	Soltar residuos en bolsa o canasta
Alcanzar bolsa o canasta	A	0,23	0,23	A	Alcanzar bolsa o canasta
			90,5	AR	arrastrar bolsa o canasta
Alcanzar residuos	A	0,33	0,33	A	Alcanzar residuos
Coger residuos	CO	0,55	0,55	CO	Coger residuos
Mover Residuos	MO	0,93	0,93	MO	Mover Residuos
Soltar residuos	SR	0,54	0,54	SR	Soltar residuos

Análisis de los factores de la organización del trabajo (OT) y su influencia en la exposición a factores de riesgo por carga física biomecánica en el proceso de cosecha de rosas en Colombia.

### Diagrama de proceso bimanual

Operación:	<input type="text" value="BARRER"/>	Resumen	Mano Izq.	Mano der
Analista:	<input type="text" value="Luis Saavedra Robinson"/>	Fecha:	<input type="text" value="13/11/11"/>	
Método:	Actual <input checked="" type="checkbox"/>	Tiempo efectivo	<input type="text" value="2,06seg"/>	<input type="text" value="2,06seg"/>
	Propuesto <input type="checkbox"/>	Tiempo inefectivo	<input type="text" value="0,00seg"/>	<input type="text" value="0,00seg"/>
		Tiempo de ciclo	<input type="text" value="2,06seg"/>	

**Descripción:**

Barrer entre camas asignadas, con el fin de sacar el material vegetal sobrante de dichos lugares y ubicarlo en los caminos centrales. Para esta labor debe utilizarse la escobilla metálica. Seleccionar y separar el material vegetal de otros materiales (madera, alambres, etc.) para depositarlos en botes diferentes.



Descripción mano izquierda	Simb.	Tiempo	Tiempo	Simb.	Descripción mano derecha
Preposicionar rastrillo	PO	0,42	0,42	PO	Preposicionar rastrillo
Arrastrar rastrillo	AR	1,03	1,03	AR	Arrastrar rastrillo
Levantar rastrillo	LE	0,28	0,28	LE	Levantar rastrillo
Preposicionar rastrillo	PO	0,33	0,33	PO	Preposicionar rastrillo

Análisis de los factores de la organización del trabajo (OT) y su influencia en la exposición a factores de riesgo por carga física biomecánica en el proceso de cosecha de rosas en Colombia.

### Diagrama de proceso bimanual

Operación: **RIEGO**

Analista: Luis Saavedra Robinson      Fecha: 13/11/11

Método:      Actual    
                  Propuesto

Resumen	Mano Izq.	Mano der
Tiempo efectivo	0,64seg	0,64seg
Tiempo inefectivo	19,42seg	19,42seg
Tiempo de ciclo	20,06seg	

**Descripción:**

Riego con manguera para mantener hidratada la tierra. El riego con agua entre camas se hace también para disminuir plagas y controlar animales (arañas e insectos en general)



Descripción mano izquierda	Simb.	Tiempo		Tiempo	Simb.	Descripción mano derecha
Coger manguera	CO	0,4		0,4	CO	Coger manguera
Sostener manguera	SO	19,42		19,42	SO	Sostener manguera
Soltar manguera	SR	0,24		0,24	SR	Soltar manguera

Análisis de los factores de la organización del trabajo (OT) y su influencia en la exposición a factores de riesgo por carga física biomecánica en el proceso de cosecha de rosas en Colombia.

### Diagrama de proceso bimanual

Operación: **BAJAR CORTINAS**

Analista: Luis Saavedra Robinson      Fecha: 13/11/11

Método: Actual       Propuesto

Resumen	Mano Izq.	Mano der
Tiempo efectivo	0,00seg	15,87seg
Tiempo inefectivo	15,87seg	0,00seg
Tiempo de ciclo	15,87seg	

**Descripción:**

Mediante unas poleas se suben y bajan diariamente las cortinas en cada invernadero para controlar la iluminación y no afectar la producción.



Descripción mano izquierda	Simb.	Tiempo	Tiempo	Simb.	Descripción mano derecha
Sostener	SO	15,87	0,695	GI	Girar polea
			0,695	GI	Girar polea
			0,695	GI	Girar polea
			0,695	GI	Girar polea
			0,695	GI	Girar polea
			0,695	GI	Girar polea
			0,695	GI	Girar polea
			0,695	GI	Girar polea
			0,695	GI	Girar polea
			0,695	GI	Girar polea
			0,695	GI	Girar polea
			0,695	GI	Girar polea
			0,695	GI	Girar polea
			0,695	GI	Girar polea
			0,695	GI	Girar polea
			0,695	GI	Girar polea
			0,695	GI	Girar polea
			0,695	GI	Girar polea
			0,695	GI	Girar polea

Análisis de los factores de la organización del trabajo (OT) y su influencia en la exposición a factores de riesgo por carga física biomecánica en el proceso de cosecha de rosas en Colombia.

### Diagrama de proceso bimanual

Operación:	<b>DESPATRONE / DESCHUTE</b>	Resumen	Mano Izq.	Mano der
Analista:	Luis Saavedra Robinson	Fecha:	13/11/11	
Método:	Actual <input checked="" type="checkbox"/>	Tiempo efectivo	0,66seg	3,13seg
	Propuesto <input type="checkbox"/>	Tiempo inefectivo	2,47seg	0,00seg
		Tiempo de ciclo	3,13seg	

**Descripción:**

Revisar y quitar, en cada cama asignada, el chupón o patrón que se presenta en la corona como en la base de la planta. Además incluye colocar los patrones en el carro de corte y luego depositarlos en bolsas plásticas situadas en el camino central del invernadero o en el carro de basura.



Descripción mano izquierda	Simb.	Tiempo		Tiempo	Simb.	Descripción mano derecha
Coger patron	CO	0,53		0,33	A	Alcanzar patron
				0,17	CO	Coger patron
				0,63	HR	Halar patron
				0,2	CO	Coger patron
Sostener patron	SO	2,47		1,74	HR	Halar patron
Soltar	SR	0,13		0,13	CO	Coger patron

Análisis de los factores de la organización del trabajo (OT) y su influencia en la exposición a factores de riesgo por carga física biomecánica en el proceso de cosecha de rosas en Colombia.

### Diagrama de proceso bimanual

Operación: **PINCHE BASALES**

Analista: Luis Saavedra Robinson      Fecha: 13/11/11

Método: Actual  Propuesto

Resumen	Mano Izq.	Mano der
Tiempo efectivo	5,32seg	8,06seg
Tiempo inefectivo	4,74seg	2,00seg
Tiempo de ciclo	10,06seg	

**Descripción:**

Revisar y eliminar, en cada cama asignada, las yemas que se consideran que están en exceso. Esta actividad se hace después de la programación en corte, con el fin de mantener la calidad de los tallos en camas de producción, especialmente evitar terminaciones improductivas (cicatrices y rodillas).



Descripción mano izquierda	Simb.	Tiempo	Tiempo	Simb.	Descripción mano derecha
Coger tallo	CO	0,4			
Preposicionar el tallo	PO	4	2	SO	Sostener tijera
Quitar tallo	Q	0,92	2	A	Alcanzar tallo con tijera
Sostener tallo	SO	1,01	0,47	CT	Cortar tallo
Sostener guante	SO	3,73	1,73	GU	Guardar tijera
			0,8	Q	Quitar guante
			0,59	A	Alcanzar tallo
			0,86	DE	Desnucar hoja
			0,66	A	Alcanzar tallo
			0,94	DE	Desnucar hoja

### Diagrama de proceso bimanual

Operación: **DESPEINDE DE TALLOS**

Analista: Luis Saavedra Robinson      Fecha: 13/03/11

Método: Actual  Propuesto

Resumen	Mano Izq.	Mano der
Tiempo efectivo	4,73seg	3,88seg
Tiempo inefectivo	0,6seg	1,45seg
Tiempo de ciclo	5,33seg	

**Descripción:**

Revisar y reubicar aquellos tallos que se encuentren fuera de los alambres que corresponden a las dimensiones de la cama asignada, así, el tallo vuelve a tomar su recorrido original permitiendo evitar desdoblamientos que perjudiquen el crecimiento de la rosa.



Descripción mano izquierda	Simb.	Tiempo	Tiempo	Simb.	Descripción mano derecha
Alcanzar tallo	A	0,93	0,33	A	Alcanzar tallo
Coger tallo	CO	0,47	0,56	CO	coger tallo
Empujar tallo	EM	0,53	0,71	EM	Empujar tallo detrás alambre
Sostener tallo	SO	0,6	0,41	SR	Soltar tallo
Soltar tallo	SR	0,49	0,27	A	Alcanzar tallo
Alcanzar tallo	A	0,57	0,3	EM	Empujar tallo
Coger tallo	CO	0,42	0,48	SR	Soltar tallo
Rectificar tallo	RE	1,17	0,3	A	Alcanzar tallo
Soltar tallo	SR	0,16	1,45	SO	Sostener tallo
			0,43	SR	Soltar tallo

Análisis de los factores de la organización del trabajo (OT) y su influencia en la exposición a factores de riesgo por carga física biomecánica en el proceso de cosecha de rosas en Colombia.

## Anexo F. Formato método OCRA en las actividades de cosecha de rosas.

### 1. Datos organizativos

<b>PUESTO:</b>		MINUTOS
DURACIÓN DEL TURNO	OFICIAL= REAL=	0
PAUSA OFICIAL	OFICIAL= REAL=	0
OTRA PAUSA (distinta de la oficial)	REAL=	
PAUSA PARA COMER	OFICIAL= REAL=	0
TIEMPO DE RECUPERACIÓN	OFICIAL= REAL=	
TRABAJO NO REPETITIVO	OFICIAL= REAL=	
<b>TIEMPO NETO DE TRABAJO REPETITIVO</b>		<b>0</b>

DIBUJA AQUÍ LOS PERIODOS DE RECUPERACIÓN PRESENTE EN EL TURNO									
HORA									
1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	8ª	9ª	

En relación al criterio de referencia, es posible considerar cuántas horas durante el turno, no tienen un periodo de recuperación adecuado. Es necesario observar, una a una, las horas que componen el turno; para cada hora, se debe comprobar si hay tareas repetitivas y si hay periodos de recuperación adecuados. La hora antes de la comida (si existe) y la última hora del turno, tienen recuperación adecuada siempre. Se deben contar cuántas horas del turno de trabajo no tienen recuperación adecuada.

ESQUEMA HORARIO DEL TURNO			
Seleccionar con un X el TURNO (seleccionando el TURNO automáticamente se excluye la JORNADA)			
	TURNO	X	JORNADA
Hora oficial de inicio			
Hora real de inicio			
Hora real de finalización			0:00
Hora oficial de finalización			0:00

ESQUEMA DE LOS PERIODOS DE RECUPERACIÓN				
Numero	inicio	fin	min	
1			0:00	
2			0:00	
3			0:00	
4			0:00	
5			0:00	
6			0:00	
total			0:00	

SEÑALE SI LA ROTACIÓN ENTRE VARIOS TRABAJOS (TAREAS) OCURRE REGULARMENTE CADA 60 MINUTOS O MENOS, O SI ESTA PRESENTE EN UN SOLO TRABAJO (Escriba en la celda: si)	si	→ ir a la hoja "Índice OCRA (media)"
SEÑALE SI LA ROTACIÓN ENTRE VARIOS TRABAJOS (TAREAS) OCURRE EN UN LAPSO DE TIEMPO MAYOR A 60 MINUTOS (Escriba en la celda: si)		→ ir a la hoja "Índice OCRA multitarea complejo"

DENOMINACIÓN DE LA TAREA	DURACIÓN NETA DE LA TAREA (minutos)	%	Nr. de piezas en la tarea	OFICIAL= REAL=	TAREA A
A		# DIV/0!			
nota					

#|DIV/0! minutos de la tarea no justificados

DENOMINACIÓN DE LA TAREA	DURACIÓN NETA DE LA TAREA (minutos)	%	Nr. de piezas en la tarea	OFICIAL= REAL=	TAREA B
B		# DIV/0!			
nota					

#|DIV/0! minutos de la tarea no justificados

DENOMINACIÓN DE LA TAREA	DURACIÓN NETA DE LA TAREA (minutos)	%	Nr. de piezas en la tarea	OFICIAL= REAL=	TAREA C
C		# DIV/0!			
nota					

#|DIV/0! minutos de la tarea no justificados

DENOMINACIÓN DE LA TAREA	DURACIÓN NETA DE LA TAREA (minutos)	%	Nr. de piezas en la tarea	OFICIAL= REAL=	TAREA D
D		# DIV/0!			
nota					

#|DIV/0! minutos de la tarea no justificados

### Datos factores Fuerza y Postura



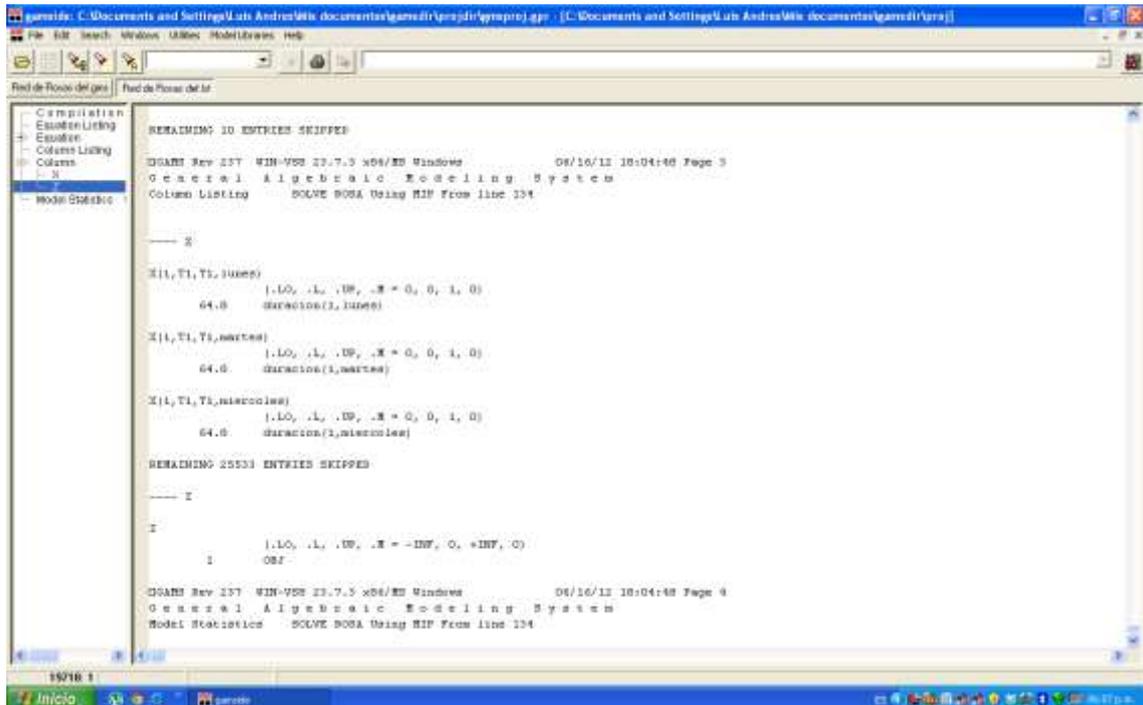
### Anexo G. Prueba Scheffe para comparaciones múltiples

Tarea (I)	Tarea (J)	Diferencia de medias (I-J)	Error típ.	Sig.	Intervalo de Confianza 95%	
					Límite Inferior	Límite Superior
1	2	-2,17	26,765	1,000	-129,25	124,91
	3	-2,48	14,431	1,000	-71,00	66,04
	5	-5,94	14,375	1,000	-74,19	62,31
	6	-51,17	14,340	,470	-119,26	16,92
	7	-39,53	14,787	,893	-109,74	30,67
	8	-27,05	15,959	,998	-102,82	48,72
	11	-36,94	15,129	,947	-108,78	34,89
	12	-57,50	15,051	,336	-128,96	13,96
	13	,29	16,118	1,000	-76,24	76,81
	14	-45,26	14,340	,697	-113,34	22,83
	15	1,00	15,747	1,000	-73,77	75,77
16	-9,40	17,250	1,000	-91,30	72,50	
17	-168,96	14,323	,000	-236,97	-100,96	
2	1	2,17	26,765	1,000	-124,91	129,25
	3	-,31	24,372	1,000	-116,03	115,40
	5	-3,77	24,339	1,000	-119,33	111,79
	6	-49,00	24,318	,990	-164,47	66,46
	7	-37,37	24,584	,999	-154,09	79,36
	8	-24,89	25,306	1,000	-145,04	95,27
	11	-34,78	24,792	1,000	-152,49	82,93
	12	-55,33	24,744	,975	-172,82	62,15
	13	2,45	25,407	1,000	-118,18	123,08
	14	-43,09	24,318	,997	-158,55	72,37
	15	3,17	25,174	1,000	-116,36	122,69
16	-7,23	26,140	1,000	-131,35	116,88	
17	-166,80	24,308	,000	-282,21	-51,38	
3	1	2,48	14,431	1,000	-66,04	71,00
	2	,31	24,372	1,000	-115,40	116,03
	5	-3,46	9,180	1,000	-47,04	40,13
	6	-48,69	9,125	,009	-92,01	-5,37
	7	-37,05	9,812	,358	-83,64	9,53
	8	-24,57	11,502	,983	-79,19	30,04
	11	-34,46	10,321	,598	-83,47	14,54
	12	-55,02	10,206	,007	-103,48	-6,56
	13	2,77	11,722	1,000	-52,89	58,42
	14	-42,78	9,125	,058	-86,10	,55
	15	3,48	11,207	1,000	-49,73	56,69
16	-6,92	13,236	1,000	-69,76	55,92	
17	-166,48	9,098	,000	-209,68	-123,29	
5	1	5,94	14,375	1,000	-62,31	74,19
	2	3,77	24,339	1,000	-111,79	119,33
	3	3,46	9,180	1,000	-40,13	47,04
	6	-45,23	9,036	,024	-88,14	-2,33
	7	-33,59	9,729	,535	-79,79	12,60
	8	-21,12	11,432	,996	-75,39	33,16
	11	-31,00	10,243	,760	-79,64	17,63
	12	-51,56	10,127	,019	-99,65	-3,48
	13	6,22	11,653	1,000	-49,11	61,55
	14	-39,32	9,036	,128	-82,22	3,58
	15	6,94	11,135	1,000	-45,93	59,81
16	-3,46	13,175	1,000	-66,02	59,09	
17	-163,03	9,009	,000	-205,80	-120,25	
6	1	51,17	14,340	,470	-16,92	119,26
	2	49,00	24,318	,990	-66,46	164,47
	3	48,69	9,125	,009	5,37	92,01
	5	45,23	9,036	,024	2,33	88,14
	7	11,64	9,677	1,000	-34,31	57,59
	8	24,12	11,388	,985	-29,95	78,19
	11	14,23	10,193	1,000	-34,17	62,63
	12	-6,33	10,077	1,000	-54,18	41,52
	13	51,46	11,610	,108	-3,67	106,58
	14	5,91	8,980	1,000	-36,72	48,55

	15	52,17	11,090	,056	-,48	104,82
	16	41,77	13,137	,684	-20,60	104,14
	17	-117,79	8,953	,000	-160,30	-75,28
7	1	39,53	14,787	,893	-30,67	109,74
	2	37,37	24,584	,999	-79,36	154,09
	3	37,05	9,812	,358	-9,53	83,64
	5	33,59	9,729	,535	-12,60	79,79
	6	-11,64	9,677	1,000	-57,59	34,31
	8	12,48	11,945	1,000	-44,24	69,19
	11	2,59	10,812	1,000	-48,75	53,93
	12	-17,97	10,703	,998	-68,79	32,85
	13	39,82	12,157	,633	-17,90	97,54
	14	-5,72	9,677	1,000	-51,67	40,22
	15	40,53	11,661	,522	-14,83	95,90
	16	30,13	13,623	,977	-34,55	94,81
	17	-129,43	9,652	,000	-175,26	-83,60
	8	1	27,05	15,959	,998	-48,72
2		24,89	25,306	1,000	-95,27	145,04
3		24,57	11,502	,983	-30,04	79,19
5		21,12	11,432	,996	-33,16	75,39
6		-24,12	11,388	,985	-78,19	29,95
7		-12,48	11,945	1,000	-69,19	44,24
11		-9,89	12,367	1,000	-68,61	48,83
12		-30,45	12,271	,939	-88,71	27,82
13		27,34	13,558	,990	-37,03	91,71
14		-18,20	11,388	,999	-72,27	35,87
15		28,05	13,116	,983	-34,22	90,33
16		17,65	14,887	1,000	-53,03	88,34
17		-141,91	11,366	,000	-195,88	-87,94
11		1	36,94	15,129	,947	-34,89
	2	34,78	24,792	1,000	-82,93	152,49
	3	34,46	10,321	,598	-14,54	83,47
	5	31,00	10,243	,760	-17,63	79,64
	6	-14,23	10,193	1,000	-62,63	34,17
	7	-2,59	10,812	1,000	-53,93	48,75
	8	9,89	12,367	1,000	-48,83	68,61
	12	-20,56	11,172	,996	-73,60	32,49
	13	37,23	12,572	,789	-22,46	96,92
	14	-8,31	10,193	1,000	-56,71	40,08
	15	37,94	12,093	,706	-19,47	95,36
	16	27,54	13,994	,992	-38,90	93,99
	17	-132,02	10,169	,000	-180,31	-83,74
	12	1	57,50	15,051	,336	-13,96
2		55,33	24,744	,975	-62,15	172,82
3		55,02	10,206	,007	6,56	103,48
5		51,56	10,127	,019	3,48	99,65
6		6,33	10,077	1,000	-41,52	54,18
7		17,97	10,703	,998	-32,85	68,79
8		30,45	12,271	,939	-27,82	88,71
11		20,56	11,172	,996	-32,49	73,60
13		57,79	12,478	,067	-1,46	117,03
14		12,24	10,077	1,000	-35,60	60,09
15		58,50	11,995	,035	1,55	115,45
16		48,10	13,910	,532	-17,94	114,14
17		-111,46	10,053	,000	-159,20	-63,73
13		1	-,29	16,118	1,000	-76,81
	2	-2,45	25,407	1,000	-123,08	118,18
	3	-2,77	11,722	1,000	-58,42	52,89
	5	-6,22	11,653	1,000	-61,55	49,11
	6	-51,46	11,610	,108	-106,58	3,67
	7	-39,82	12,157	,633	-97,54	17,90
	8	-27,34	13,558	,990	-91,71	37,03
	11	-37,23	12,572	,789	-96,92	22,46
	12	-57,79	12,478	,067	-117,03	1,46
	14	-45,54	11,610	,287	-100,66	9,58
	15	,71	13,309	1,000	-62,48	63,90
	16	-9,69	15,057	1,000	-81,18	61,80
	17	-169,25	11,589	,000	-224,27	-114,23

Tarea (I)	Tarea (J)	Diferencia de medias (I-J)	Error típ.	Sig.	Intervalo de Confianza 95%	
					Límite Inferior	Límite Superior
14	1	45,26	14,340	,697	-22,83	113,34
	2	43,09	24,318	,997	-72,37	158,55
	3	42,78	9,125	,058	-,55	86,10
	5	39,32	9,036	,128	-3,58	82,22
	6	-5,91	8,980	1,000	-48,55	36,72
	7	5,72	9,677	1,000	-40,22	51,67
	8	18,20	11,388	,999	-35,87	72,27
	11	8,31	10,193	1,000	-40,08	56,71
	12	-12,24	10,077	1,000	-60,09	35,60
	13	45,54	11,610	,287	-9,58	100,66
	15	46,26	11,090	,185	-6,40	98,91
	16	35,86	13,137	,876	-26,52	98,23
		17	-123,71	8,953	,000	-166,22
15	1	-1,00	15,747	1,000	-75,77	73,77
	2	-3,17	25,174	1,000	-122,69	116,36
	3	-3,48	11,207	1,000	-56,69	49,73
	5	-6,94	11,135	1,000	-59,81	45,93
	6	-52,17	11,090	,056	-104,82	,48
	7	-40,53	11,661	,522	-95,90	14,83
	8	-28,05	13,116	,983	-90,33	34,22
	11	-37,94	12,093	,706	-95,36	19,47
	12	-58,50	11,995	,035	-115,45	-1,55
	13	-,71	13,309	1,000	-63,90	62,48
	14	-46,26	11,090	,185	-98,91	6,40
	16	-10,40	14,660	1,000	-80,00	59,20
		17	-169,96	11,068	,000	-222,51
16	1	9,40	17,250	1,000	-72,50	91,30
	2	7,23	26,140	1,000	-116,88	131,35
	3	6,92	13,236	1,000	-55,92	69,76
	5	3,46	13,175	1,000	-59,09	66,02
	6	-41,77	13,137	,684	-104,14	20,60
	7	-30,13	13,623	,977	-94,81	34,55
	8	-17,65	14,887	1,000	-88,34	53,03
	11	-27,54	13,994	,992	-93,99	38,90
	12	-48,10	13,910	,532	-114,14	17,94
	13	9,69	15,057	1,000	-61,80	81,18
	14	-35,86	13,137	,876	-98,23	26,52
	15	10,40	14,660	1,000	-59,20	80,00
		17	-159,56	13,118	,000	-221,85
17	1	168,96	14,323	,000	100,96	236,97
	2	166,80	24,308	,000	51,38	282,21
	3	166,48	9,098	,000	123,29	209,68
	5	163,03	9,009	,000	120,25	205,80
	6	117,79	8,953	,000	75,28	160,30
	7	129,43	9,652	,000	83,60	175,26
	8	141,91	11,366	,000	87,94	195,88
	11	132,02	10,169	,000	83,74	180,31
	12	111,46	10,053	,000	63,73	159,20
	13	169,25	11,589	,000	114,23	224,27
	14	123,71	8,953	,000	81,20	166,22
	15	169,96	11,068	,000	117,42	222,51
	16	159,56	13,118	,000	97,28	221,85

## Anexo H. Informe resultados Programación de Tareas basada en una Estructura de Redes



```

REACHING 10 ENTRIES SKIPPED
-----
GAMS Rev 237 WIN-VOS 23.7.5 x64/ED Windows 08/16/11 10:04:48 Page 3
General Algebraic Modeling System
Column Listing SOLVE BOBA Using NLP from line 134

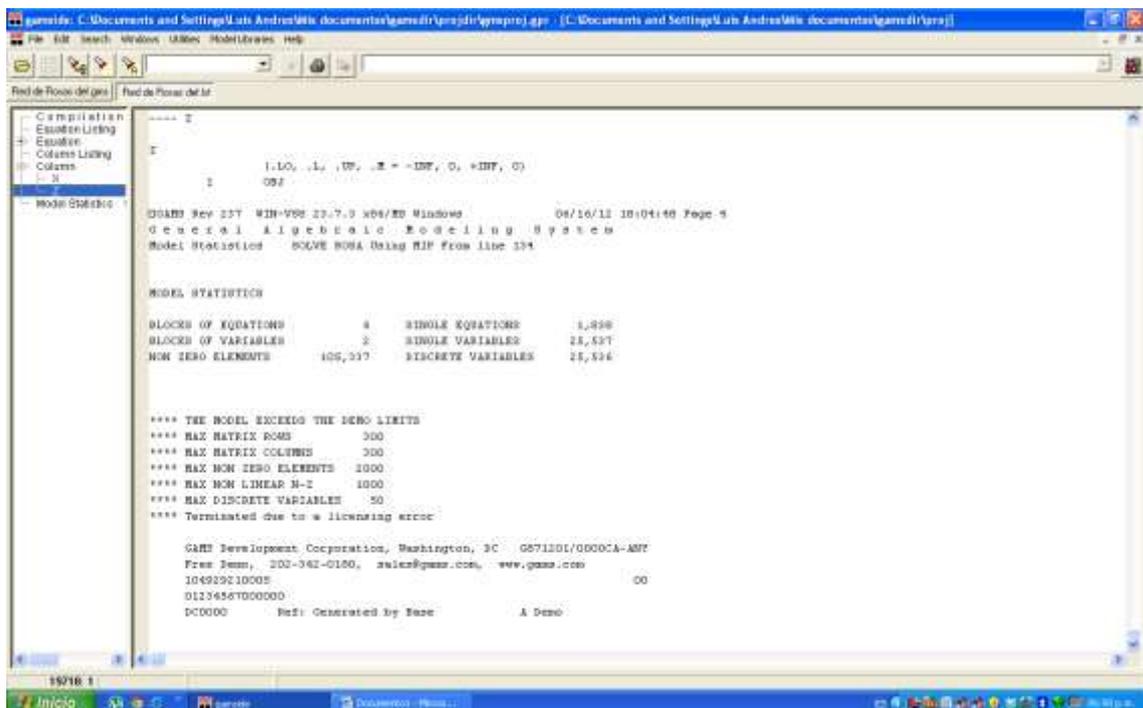
-----
I
X(i,T1,T1,turne)
        1..LO, .L, .UP, .X = 0, 0, 1, 0)
        64.0 duration(1,turne)

X(i,T1,T1,mañana)
        1..LO, .L, .UP, .X = 0, 0, 1, 0)
        64.0 duration(1,mañana)

X(i,T1,T1,miércoles)
        1..LO, .L, .UP, .X = 0, 0, 1, 0)
        64.0 duration(1,miércoles)

REACHING 25533 ENTRIES SKIPPED
-----
I
        1..LO, .L, .UP, .X = -INF, 0, +INF, 0)
        1      OBJ

GAMS Rev 237 WIN-VOS 23.7.5 x64/ED Windows 08/16/11 10:04:48 Page 4
General Algebraic Modeling System
Model Statistics SOLVE BOBA Using NLP from line 134
  
```



```

-----
I
        1..LO, .L, .UP, .X = -INF, 0, +INF, 0)
        1      OBJ

GAMS Rev 237 WIN-VOS 23.7.5 x64/ED Windows 08/16/11 10:04:48 Page 4
General Algebraic Modeling System
Model Statistics SOLVE BOBA Using NLP from line 134

MODEL STATISTICS

BLOCKS OF EQUATIONS      4   SINGLE EQUATIONS      1,898
BLOCKS OF VARIABLES     2   SINGLE VARIABLES    25,527
NON ZERO ELEMENTS     105,337   DISCRETE VARIABLES  25,524

**** THE MODEL EXCEEDS THE DEMO LIMITS
**** MAX MATRIX ROWS      300
**** MAX MATRIX COLUMNS  300
**** MAX NON ZERO ELEMENTS 1000
**** MAX NON LINEAR N-2   1000
**** MAX DISCRETE VARIABLES 50
**** Terminated due to a licensing error

GAMS Development Corporation, Washington, DC 0871201/0000CA-AMF
Free Demo, 202-342-0150, sales@gams.com, www.gams.com
104929210005
01234567000000
DC0000 Ref: Generated by Free A Demo
  
```