

# “Análisis dinamométrico en herramientas de corte de rosas”



**Saavedra, Luis. (Doctorant)**

Centre Específic de Recerca per a la Millora i Innovació de les Empreses / Departament d'Organització d'Empreses / Universitat Politècnica de Catalunya / Ed. ETSEIB Planta 10. Av. Diagonal, 647. 08028 / Barcelona. España / [l.saavedra@javeriana.edu.co](mailto:l.saavedra@javeriana.edu.co)



**Quintana, Leonardo. PhD**

Centro de Estudios de Ergonomía / Departamento de Ingeniería Industrial / Pontificia Universidad Javeriana / Calle 40 N° 5- 37 / Bogotá, Colombia  
+57 1 320 83 20 Ext. 5351 / [lquin@javeriana.edu.co](mailto:lquin@javeriana.edu.co)

## ABSTRACT

**Objetivos:** realizar un análisis dinamométrico comparativo entre las diferentes tijeras presentadas en el estudio. **Metodología:** se realizó un proceso de simulación de corte donde el dinamómetro digital fue fijado a una mesa y así evaluar las diferentes herramientas utilizando producto terminado como parte de la simulación. **Resultados:** Existieron tijeras como la **FEL** esfuerzos mínimos de **1.6 kgf** representando un **17.64%** del esfuerzo establecido por la literatura internacional y en contraste existieron tijeras como la **BELL** donde se obtuvieron esfuerzos máximos de corte hasta de **41 kgf** lo que equivale aproximadamente al **451.9%** del esfuerzo que se referencia internacionalmente. **Conclusiones y Recomendaciones:** tener en cuenta la geometría de las tijeras pues se presentaron dificultades para el agarre de estas, esto debido a las dimensiones de las mismas frente a la antropometría laboral colombiana. El mantenimiento preventivo de las cuchillas o navajas permite la reducción del esfuerzo en el proceso de corte. Es importante pensar en herramientas automatizadas o en su defecto el rediseño ergonómico de la herramienta que permita una disminución del esfuerzo y las posturas inadecuadas además de contribuir al aumento de la productividad en este sector.

## Palabras clave

Dinamometría, Esfuerzo, Sector Floricultor, herramientas de corte, Rosas.

## INTRODUCCIÓN

Colombia es el segundo exportador mundial de flores después de Holanda con una participación en el mercado de flores frescas de un 14% del comercio total. Hay alrededor de 7300 hectáreas cultivadas en todo el país (Sabana de Bogotá 79%, Antioquia 17% y otras Regiones 4%) repartidas en productos como las rosas con un 48 % del área cultivada seguido por el clavel con un 16%, Mini Clavel 8%, Crisantemo 4% y otros con un 24%. En este momento existen empresas floricultoras las cuales exportan alrededor del 98% de la producción. Entre los años 2.004-2005 se obtuvieron ventas de aproximadamente USD 596.610.832. a Norte América, USD 62.177.268 a la Unión Europea y USD 44.644.254 a otros lugares, para un total en ese periodo de USD 703.432.354. En cuanto a empleo, 94.271 son trabajadores directos y 80.130 indirectos. Este es un sector cuyo crecimiento es evidente y su capacidad para generar empleo ha sido demostrada [1].

Las enfermedades profesionales más comunes en las trabajadoras de flores se relacionan con los riesgos físicos [2]. Al agrupar las enfermedades por sistemas, se ha evidenciado que los desórdenes músculo-esqueléticos son la mayor causa de enfermedad profesional representando durante los años 2003 y 2004, el 80% y el 82% de todos los diagnósticos respectivamente. En cuanto a la postura, aplicación de fuerza y repetición se refiere, una de las causas relevantes tiene que ver con las cargas impuestas para la realización de las labores, la manipulación indebida de las herramientas manuales que implican posturas y esfuerzos intensos e inadecuados [3].

Así mismo, desde un enfoque de ingeniería industrial, se debe tener en cuenta que la manipulación inadecuada del material implica un tiempo el cual se ve reflejado en el costo final del producto [4]. Asumiendo esta perspectiva es importante recalcar algunos puntos que se deben considerar para reducir el tiempo dedicado al manejo de materiales o producto: optimizar el tiempo dedicado a recoger el producto, *usar el equipo apropiado ya sea mecanizado o automático*, utilizar mejor las instalaciones, recursos y manejar el material con más cuidado entre otros. Por medio del mejoramiento del dispositivo móvil se pretendió atacar estas consideraciones pues permite un mejor manejo del material garantizando el bienestar del trabajador y las especificaciones del producto [5].

El uso de una herramienta requiere fuerza. Además de sujetar, la fuerza de la mano se necesita principalmente para el uso de las herramientas que actúan como una

palanca en cruz, como los alicates y las herramientas de compresión. La fuerza efectiva de compresión está en función de la fuerza aplicada y la distancia requerida por la herramienta [6].

Así mismo, el buen uso de las mejores herramientas permiten disminuir los trastornos de los tendones lo cuales son muy frecuentes en las regiones dorsales y flexores de la muñeca. La repetición frecuente de movimientos en el trabajo y las demandas elevadas de fuerza en la mano son poderosos factores de riesgo, sobre todo cuando se dan conjuntamente (Silverstein, Fine y Armstrong 1986) [7].

Por tal motivo el estudio realizó una evaluación de las principales herramientas de corte encontradas en la industria floricultora específicamente en el corte de rosas y así, determinar los esfuerzos que estas realizan frente a la persona quien ejecuta el proceso productivo.

## METODOLOGÍA

### *Aparatos y equipos*

Se utilizó un dinamómetro digital Ametek 500 con sus aditamentos para determinar la fuerza de corte y de la misma manera se utilizó el dinamómetro de agarre para determinar la máxima fuerza desarrollada por los trabajadores de este sector industrial. En la Figura 1 se describe los instrumentos utilizados para las mediciones de las variables Fuerza y pulso involucradas en el experimento.

**Figura 1. Equipos Utilizados**



Digital de Agarre Lafayette

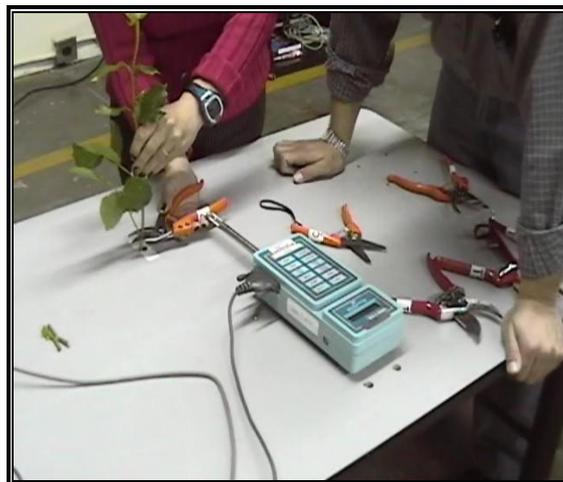


Dinamómetro Ametek 500

### *Procedimiento*

La actividad se desarrolló en el laboratorio del Centro de Estudios de Ergonomía de la Pontificia Universidad Javeriana y consistió inicialmente en determinar por medio del dinamómetro de agarre el máximo esfuerzo que un trabajador del sector floricultor puede desarrollar, luego se procedió a estabilizar el dinamómetro digital para que la fuerza ejercida al ejecutar el proceso de corte no fuese influenciada por el movimiento de este. Una vez se estabilizó el dinamómetro, se colocó el aditamento en forma de "V" esto con el fin de que tanto el aditamento como la tijera ensamblaran de manera uniforme y evitar algún tipo de rozamiento q pueda influenciar el valor final (ver Figura 2).

**Figura 2. Simulación del proceso de corte de Rosas**



Las pruebas de corte se realizaron con seis clases diferentes de tijeras (ver Figura 3). Low 1, Low 2, Taiw, Precu, Bell y Fel Nota: la figura no contempla la tijera numero seis codificada con el nombre Fel

**Figura 3. Tijeras empleadas para la simulación**



Así mismo, se nombran las diferentes clases de rosas empleadas en el experimento, estas son Charlotte, Porceline, Rosa Morada, Movil Star, Supernova (ver Figura 4)

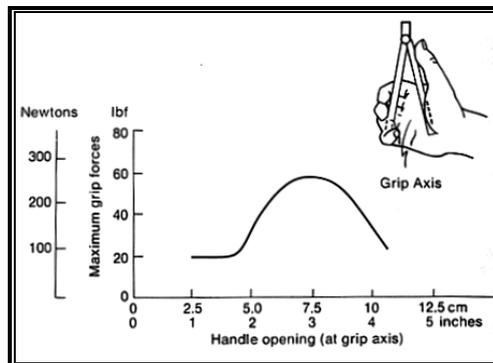
**Figura 4. Clases de rosas empleadas para la simulación**



## RESULTADOS

La literatura internacional comenta que el máximo agarre para estas herramientas es aproximadamente de **9.0719 kgf** (20 lbf) (ver Figura 5). Así mismo, se determinó que en promedio, la fuerza ejercida por los trabajadores de la actividad fue de 27kgf al inicio del experimento y al final del mismo la fuerza fue de 25Kgf. Según los datos obtenidos, la tijera **Bell** obtuvo valores de corte máximos de hasta **41 kgf** lo que equivale al **451.9%** del estándar internacional y un 151.8% en relación con la fuerza promedio de los trabajadores del sector.

**Figura 5. Handle Span for Force Grips (Adapted from Fitzhugh, 1973)**



Adaptado De: **Eastman Kodak Company**. Ergonomic Design for People at Work. 1983 [8]

La apertura del agarre ideal tanto para mujeres como para hombres oscila entre los 64 y 89mm (Greenberg and Chafflin, 1977) en el caso del presente estudio la apertura se encontró en un rango entre 120 y 155mm por lo que para el caso de las mujeres trabajadoras del sector resultó de gran dificultad la manipulación de una herramienta con estas características (ver figura 6)

**Figura 6. Tijera Bell**



Por otro lado, el tipo de tijeras que obtuvieron el menor resultado fue la **Fel** con tan solo **3.3 kgf** pero lo que equivale a un **40%** del estándar (ver cuadro 1), sin embargo, el operario realiza esta actividad con una frecuencia mayor a 350 veces por hora, lo que sumado a un esfuerzo puede generar malestares que conlleven a patologías tipo "síndrome del túnel del carpo" según la cual el Ministerio de Protección Social es la principal causa de ausentismo laboral y genera un elevado costo debido a las indemnizaciones derivadas y por tanto, la necesidad de iniciar un proceso de reingeniería que permita la disminución de alguno de estos riesgos ergonómicos presentes en la actividad.

**Cuadro 1. Resultados por tipo de Tijera (Kgf)**

Tijera	N	Media	$\sigma$	Mediana	Varianza	Rango	Mínimo	Máximo	Nivel de confianza (95,0%)
Low 1	25	5,81	1,86	6,3	3,45	6,9	2,1	9	0,77
Low 2	25	4,56	1,08	4,2	1,17	3,4	3	6,4	0,45
Taiw	25	5,34	1,81	5,3	3,26	7	1,7	8,7	0,75
Precu	25	9,09	4,46	7,7	19,88	14,2	3,1	17,3	1,84
Bell	25	15,35	11,52	10,3	132,61	37,9	3,1	41	4,75
Fel	25	3,30	1,70	2,6	2,89	6,2	1,6	7,8	0,70

De la misma manera se muestra la obtención de resultados mediante el tipo de rosa presente en este estudio, cabe resaltar que estas, son las principales herramientas de corte presentes en el sector de rosas Colombiano por lo cual, puede generar una pauta de las características propias de este producto y la necesidad de relacionar la antropometría del sector laboral con las especificaciones técnicas de las herramientas.

**Cuadro 2. Resultados por clase de rosa (Kgf)**

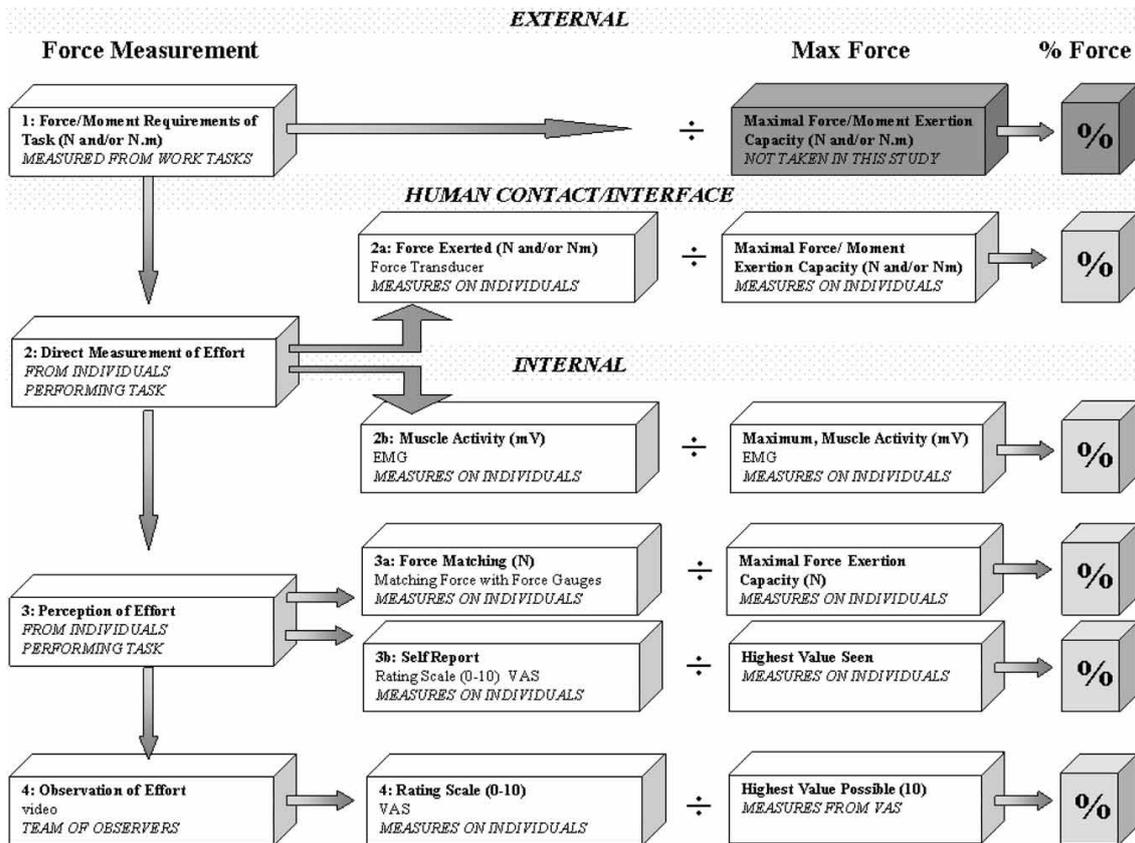
Rosa	Tijera	N	Media	$\sigma$	Mediana	Varianza	Rango	Mín	Máx	Nivel de confianza (95,0%)
<i>Charlotte</i>	Low 1	5	6,46	2,64	6,5	6,99	6,4	2,6	9	3,28
	Low 2	5	3,8	0,59	3,8	0,34	1,5	3,1	4,6	0,73
	Taiw	5	3,9	1,83	3,9	3,37	4,3	1,7	6	2,28
	Precu	5	15,38	1,99	16,2	3,97	5,2	12,1	17,3	2,47
	Bell	5	30,18	11,27	34,5	126,92	27,8	13,2	41	13,99
	Fel	5	3,82	2,46	2,8	6,07	6,2	1,6	7,8	3,06
<i>Porceline</i>	Low 1	5	3,78	1,22	3,8	1,49	3,3	2,1	5,4	1,51
	Low 2	5	3,64	0,55	3,9	0,30	1,2	3	4,2	0,68
	Taiw	5	3,82	0,65	3,9	0,43	1,7	2,9	4,6	0,81
	Precu	5	10,02	3,45	10,3	11,90	9	6	15	4,28
	Bell	5	13,94	10,61	10,3	112,60	25,1	4,8	29,9	13,18
	Fel	5	3,84	1,31	3,5	1,71	3,2	2,9	6,1	1,62
<i>Morada</i>	Low 1	5	6,5	0,29	6,4	0,09	0,7	6,2	6,9	0,36
	Low 2	5	5,14	1,17	5,7	1,36	2,6	3,8	6,4	1,45
	Taiw	5	4,92	0,94	4,9	0,88	2,5	3,9	6,4	1,16
	Precu	5	4,38	1,70	3,9	2,89	4,2	3,1	7,3	2,11
	Bell	5	5,12	2,51	4	6,29	6,3	3,1	9,4	3,11
	Fel	5	2,02	0,35	2	0,12	0,9	1,7	2,6	0,43
<i>Móvil Estar</i>	Low 1	5	6,9	1,09	6,8	1,19	2,8	5,5	8,3	1,36
	Low 2	5	5,2	0,73	5,3	0,54	1,6	4,4	6	0,91
	Taiw	5	7,64	0,73	7,5	0,54	2	6,7	8,7	0,91
	Precu	5	5,72	1,13	6,1	1,28	2,9	3,8	6,7	1,41
	Bell	5	8,72	4,44	7,5	19,73	11,2	5,1	16,3	5,52
	Fel	5	3,02	1,97	2,2	3,87	4,7	1,8	6,5	2,44
<i>Supernova</i>	Low 1	5	5,4	1,72	6	2,96	4,3	2,6	6,9	2,13
	Low 2	5	5,04	1,22	4,8	1,48	2,6	3,7	6,3	1,51
	Taiw	5	6,44	0,72	6,5	0,52	1,8	5,3	7,1	0,89
	Precu	5	9,96	2,41	10,7	5,81	5,8	5,8	11,6	2,99
	Bell	5	18,8	7,22	20,3	52,08	19,6	8,3	27,9	8,96
	Fel	5	3,82	1,54	3,6	2,38	3,8	2,5	6,3	1,91

Como se puede observar existe un predominio por las tijeras "Precu" y "Bell" en tres de las cinco clases de rosas presentes en el estudio.

## DISCUSIÓN

Existieron esfuerzos de hasta 30,18kgf promedio lo cual fue equivalente a un 332.7% de esfuerzo externo recomendado en la literatura internacional, adicionalmente la variabilidad de algunas herramientas presentan la dificultad de agarre de las mismas, debido a que estas han sido diseñadas para población diferente a la que se encuentra expuesta.

**Figura 7. Relación conceptual de los diferentes tipos de métodos de medición de fuerza de la mano y el antebrazo**



Fuente: Koppelaar E; Wells R. Comparison of measurement methods for quantifying hand force [9].

Esto representa un primer acercamiento en temas del esfuerzo externo (ver figura 7) en la actividad, sin embargo ya se ha comenzado en la valoración interna de la fuerza a través de evaluaciones involucrando la electromiografía como método principal de estimación [10].

No existe un único conocimiento de las consecuencias debido a la mala manipulación de la herramienta y el inoportuno mantenimiento preventivo de las navajas o cuchillas. Para esto se recomienda realizar estudios donde se involucre de manera mas amplia aspectos técnico-organizativos, debido a que aunque la postura de los miembros superiores vienen dadas por los procedimientos en conjunto con las características individuales de los operadores; pueden ser debatibles en búsqueda de una mejora, sin embargo, la repetitividad de la tarea está dada por la producción y aspectos técnicos como el mantenimiento de los equipos, con lo cual, es necesario revisar posibles asociaciones y métodos de abarcar las situaciones contemplando muchas más variables.

Es necesario incorporar información antropométrica del sector en referencia debido a que las herramientas utilizadas no se encuentran acorde con las dimensiones de la persona quien la manipula [11], creando esfuerzos innecesarios y optando por soluciones poco ortodoxas como colocando elásticos en el mango para disminuir la apertura de la herramienta.

La superficie de agarre debería ser ligeramente comprimible, siempre que sea posible, no conductora y suave, y su área debe asegurar una distribución de la presión en una zona lo más extensa posible.

Se recomienda para la optimización del proceso, bien sea la mecanización o la adquisición de herramientas con algún tipo de ayuda motorizada de carácter neumático, eléctrico o hidráulico, dado que este tipo de herramientas son especialmente recomendadas para la poda intensiva y prolongada. Así mismo, estas son ideales para utilizar cuando varias personas deban trabajar en una misma parcela donde la rapidez y la calidad de la poda sean factores determinantes. No exigen fuerza muscular alguna. De este modo, las ramas de hasta 30 mm de diámetro pueden ser cortadas con facilidad.

En cuanto a la seguridad se refiere, estas herramientas poseen también dos sistemas de seguridad: una seguridad activa (una anilla rodea el cuerpo del cilindro; cuando ésta se afloja bloquea la palanca de apertura de la hoja) y una seguridad pasiva (un trinquete de cierre manual mantiene la hoja cerrada cuando la podadora esté fuera de uso). Para un mayor confort en la poda, la cabeza de corte se puede girar 360°

Es claro que no todas las rosas cumplen exactamente las mismas características de corte, como se pudo apreciar en el cuadro 1, 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 producto a cortar.

En la actualidad ya existen proyectos donde se ha realizado un primer acercamiento al rediseño de las tijeras actuales en el caso de la negativa frente a la mecanización del proceso o el costo generado por las herramientas mecanizadas; en estos acercamientos se ha modificado el accionamiento y el diseño como tal del mango lo cual permite mantener el sistema brazo-muñeca en posición neutra [12].

**Figura 8. Propuestas de rediseño de herramientas de corte de rosas**



Fuente: Córdoba J, Fajardo J, Quintana L, Hilarión A. **Design of Ergonomically Efficient Rose-Pruning Tool**. International Ergonomics Association. 17th Congress of the IEA 2009.

## REFERENCIAS

1. Asociación Colombiana de Exportadores de Flores. ASOCOLFLORES. Cifras 2007. Bogotá, Colombia.
2. Tafur F. Informe de Enfermedad Profesional en Colombia 2003-2005. Dirección General de Riesgos Profesionales. Ministerio de la Protección Social.
3. Notas Técnicas de Prevención (NTP) 311: Microtraumatismos repetitivos: estudio y prevención. Redactora: M<sup>a</sup> Dolores Solé Gómez. Especialista en Medicina del Trabajo. Centro Nacional De Condiciones De Trabajo. España.
4. Niebel, B; Freivalds, A. Ingeniería Industrial. Métodos, estándares y diseño del trabajo. Capítulo 3. Análisis de la operación. Pág. 89. Décima Edición. Alfaomega.
5. Konz, S. 1979b. "Design of Handtools." In Proceedins of the Human Factor Society Meeting, Boston, Mass Oct.29-Nov. 1979. Pág 293-300
6. Organización Internacional del Trabajo (OIT). Enciclopedia de Salud y seguridad en el trabajo. Vol. I. Cap. 29 Ergonomía. Sección. Herramientas. En: <http://www.mtas.es/insht/EncOIT/tomo1.htm#p1>
7. Chaffin, D; Andersson G; Martin B. Occupational Biomechanics. Third Edition. p 252-269. 1999
8. Eastman Kodak Company. Ergonomic Design for People at Work. 1983. The design of jobs, including work pattners, hours of work, manual materials handling tasks, methods to evaluate job demands, and physiological basis of work. New York.
9. Koppelaar E; Wells R. Comparison of measurement methods for quantifying hand force. Ergonomics, Vol. 48, No. 8, 22 June 2005, 983 – 1007
10. Hoozemans M.J; Van Dieen J.H. Prediction of handgrip forces using surface EMG of forearm muscles. J Electromyogr Kinesiol. Institute for Fundamental and Clinical Human Movement Sciences, Faculty of Human Movement Sciences, Vrije Universiteit, 1081 BT Amsterdam, The Netherlands 2005 Aug;15(4):358-66. Epub 2004 Dec 9.
11. Wakula J; Berg, K; Popp C; Landau K. The Influence of forearm – wrist orientation, handgrip span and some anthropometric had parameters on static maximal grip strength as a design criterion for pruning hand tools. 2004
12. Córdoba J, Fajardo J, Quintana L, Hilarión A. Design of Ergonomically Efficient Rose-Pruning Tool. International Ergonomics Association. 17th Congress of the IEA 2009.