Diseño ergonómico de un drill eléctrico para la prevención de trastornos musculoesqueléticos en manicuristas

Nombres y apellidos:

Joyce Katherine Ruiz Torres

Código estudiantil:

2025116476887

Sandra Milena Rodríguez Bettín

Código estudiantil:

2025116476936

Tainirys Telmira Gallardo Rojas

Código estudiantil:

2025116476540

Trabajo de Investigación presentado como requisito para optar el título de:

Especialista en Ergonomía

Tutor(es):

Martha Elena Mendinueta Martínez

Jorge Luis Pacheco Yepes

RESUMEN

Introducción: Los trastornos musculoesqueléticos (TME) constituyen una de las principales causas de morbilidad laboral a nivel mundial, especialmente en actividades que exigen movimientos repetitivos, posturas forzadas y el uso prolongado de herramientas manuales. El sector de la estética es uno de los más afectados; las manicuristas, en particular, desarrollan su labor bajo condiciones de elevada demanda física, empleando herramientas como el drill o torno eléctrico, cuyo diseño convencional no siempre responde a criterios ergonómicos. El uso de herramientas mal diseñadas incrementa la carga biomecánica sobre muñecas, manos, hombros y cuello, favoreciendo la aparición de patologías como la tendinitis de De Quervain, el síndrome del túnel carpiano y las epicondilalgias.

Objetivo general: Diseñar ergonómicamente un drill eléctrico de uñas con el propósito de prevenir la aparición de trastornos musculoesqueléticos en miembros superiores y optimizar el desempeño laboral de la manicurista del salón Koquetas, ubicado en la ciudad de Barranquilla.

Materiales y métodos: Se llevó a cabo un estudio descriptivo, aplicado y de caso único, con enfoque sistémico y participativo. La recolección de información incluyó observación directa del puesto de trabajo, entrevistas semiestructuradas y toma de medidas antropométricas de la trabajadora, comparadas con las tablas de referencia ACOPLA 95. Se evaluaron índices ergonómicos (morfológico, antropométrico, biomecánico, sensorial y cognitivo) y factores de adecuación ergonómica (usabilidad, mantenimiento, aprehensión y bienestar), mediante matrices de calificación con escala de 1 a 5. El análisis sistémico del puesto se realizó considerando los elementos humano, objeto/máquina y espacio físico, así como sus interacciones. Para la selección de materiales del prototipo se empleó una matriz multicriterio que valoró densidad, aislamiento eléctrico y térmico, ductilidad, durabilidad, sostenibilidad ambiental, resistencia al impacto y costo.

Resultados: Se identificaron múltiples factores de riesgo biomecánico: flexión cervical de hasta 40°, abducción de hombro hasta 90°, desviaciones radiales y cubitales de muñeca de hasta 10°, extensión de muñeca de 20° y uso de prensión tipo pinza con el drill. La trabajadora refirió dolor lumbar persistente y síntomas compatibles con tendinitis de De Quervain en el pulgar. El drill Hizek JW-600 presentó deficiencias de diseño: peso de 250 g en la pieza de mano, sección proximal de solo 1 cm de diámetro e inexistencia de zona antideslizante diferenciada. Se propuso un rediseño ergonómico con longitud total de 14 cm (8 cm distal, 2 cm central y 4 cm proximal), diámetro máximo de 4 cm y mínimo de 2,3 cm, perfil triangular suavizado, zona de agarre texturizada y versión inalámbrica con estación de carga. Para el cuerpo se seleccionó polipropileno (PP) por su baja densidad, aislamiento eléctrico y reciclabilidad; para la punta y zona proximal se eligió aluminio recubierto con PP labrado.

Conclusión: El diseño ergonómico del drill eléctrico representa una intervención técnicamente fundamentada para la reducción de la carga biomecánica en manicuristas. La integración de criterios antropométricos, biomecánicos y normativos permite proponer una herramienta que mejora la usabilidad, reduce la fatiga muscular y contribuye a la prevención de TME. Este estudio destaca la necesidad de incorporar la ergonomía en el diseño de herramientas del sector estético, históricamente caracterizado por elevados niveles de informalidad laboral y escasa intervención preventiva.

Palabras clave: trastornos musculoesqueléticos, ergonomía, manicuristas, drill eléctrico, diseño ergonómico, herramientas manuales, salud ocupacional, biomecánica.

ABSTRACT

Introduction: Musculoskeletal disorders (MSDs) represent one of the leading causes of occupational morbidity worldwide, particularly in activities requiring repetitive movements, awkward postures, and prolonged use of hand tools. The beauty sector is among the most affected industries; nail technicians, in particular, work under high physical demands using tools such as the electric nail drill, whose conventional design does not always meet ergonomic criteria. The use of poorly designed tools increases biomechanical loading on the wrists, hands, shoulders, and neck, promoting the development of conditions such as De Quervain's tenosynovitis, carpal tunnel syndrome, and epicondylalgia.

Objective: To ergonomically design an electric nail drill to prevent the onset of upper limb musculoskeletal disorders and optimize the occupational performance of the nail technician at the Koquetas salon in Barranquilla, Colombia.

Materials and methods: A descriptive, applied, single-case study was conducted using a systemic and participatory approach. Data collection included direct workstation observation, semi-structured interviews, and anthropometric measurements of the worker, compared against ACOPLA 95 reference tables. Ergonomic indices (morphological, anthropometric, biomechanical, sensory, and cognitive) and ergonomic adequacy factors (usability, maintenance, prehension, and well-being) were assessed using rating matrices on a 1–5 scale. A systemic analysis of the workstation was performed considering human, object/machine, and physical space elements and their interactions. A multi-criteria material selection matrix evaluating density, electrical and thermal insulation, ductility, durability, environmental sustainability, impact resistance, and cost was employed for prototype material selection.

Results: Multiple biomechanical risk factors were identified: cervical flexion up to 40°, shoulder abduction up to 90°, radial and ulnar wrist deviations up to 10°, wrist extension of 20°, and pinch grip use with the drill. The worker reported persistent low back pain and symptoms consistent with De Quervain's tenosynovitis of the thumb. The Hizek JW-600 drill exhibited design deficiencies: 250 g handpiece weight, 1 cm proximal section diameter, and absence of a differentiated non-slip grip zone. An ergonomic redesign was proposed with a total length of 14 cm (8 cm distal, 2 cm central, and 4 cm proximal), a maximum diameter of 4 cm and minimum of 2.3 cm, a softened triangular profile, a textured grip zone, and a wireless version with a charging station. Polypropylene (PP) was selected for the body due to its low density, electrical insulation, and recyclability; aluminum coated with embossed PP was chosen for the tip and proximal zone.

Conclusion: The ergonomic design of the electric nail drill represents a technically sound intervention for reducing biomechanical loading in nail technicians. Integrating anthropometric, biomechanical, and normative criteria yields a tool that improves usability, reduces muscle fatigue, and contributes to MSD prevention. This study underscores the importance of incorporating ergonomics into tool design for the beauty sector, historically characterized by high levels of labor informality and limited preventive intervention.

Keywords: musculoskeletal disorders, ergonomics, nail technicians, electric drill, ergonomic design, hand tools, occupational health, biomechanics.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Organización Mundial de la Salud (OMS). Trastornos musculoesqueléticos [Internet]. Ginebra: OMS; 2023 [citado 2026 Jun 17]. Disponible en: https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/musculoskeletal-conditions

2. Punnett L, Wegman DH. Work-related musculoskeletal disorders: the epidemiologic evidence and the debate. J Electromyogr Kinesiol. 2004;14(1):13–23. doi: 10.1016/j.jelekin.2003.09.015

3. Greggi C, Visconti VV, Albanese M, Gasperini B, Chiavoghilefu A, Prezioso C, et al. Work-Related Musculoskeletal Disorders: A Systematic Review and Meta-Analysis. J Clin Med. 2024;13(13):3964. doi: 10.3390/jcm13133964

4. Occupational Safety and Health Administration (OSHA). Health Hazards in Nail Salons: Awkward Positions and Repetitive Motions [Internet]. Washington: US Department of Labor; 2024 [citado 2026 Jun 17]. Disponible en: https://www.osha.gov/nail-salons/positions-motions

5. Centers for Disease Control and Prevention (CDC/NIOSH). Nail Technicians: Workplace Safety and Health [Internet]. Atlanta: NIOSH; 2024 [citado 2026 Jun 17]. Disponible en: https://www.cdc.gov/niosh/nail-technicians/about/index.html

6. Health and Safety in Nail Salons: A Cross-Sectional Survey. Am J Ind Med. 2020. PMID: 32728720. Disponible en: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32728720/

7. Weyh C, Pilat C, Krüger K. Musculoskeletal disorders and level of physical activity in welders. Occup Med. 2020;70(8):586–592. doi: 10.1093/occmed/kqaa169

8. Work-related musculoskeletal disorders and associated risk factors among urban metropolitan hairdressers in India. J Occup Health. 2021;63(1):e12200. doi: 10.1002/1348-9585.12200. Disponible en: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7883474/

9. Colombia. Ministerio del Trabajo. Plan Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo 2022-2031. Bogotá: MinTrabajo; 2022. Disponible en: https://www.mintrabajo.gov.co/plan-nacional-sst

10. Perceived work exposures and expressed intervention needs among Michigan nail salon workers. PMC8164489. 2021. Disponible en: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8164489/

11. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST). Afectación osteoarticular por vibraciones transmitidas mano-brazo. DDC-TME-03. Madrid: INSST; 2022. Disponible en: https://www.insst.es/documents/94886/4346055/DDC-TME-03

12. Spies CK, Müller LP, Stöckle U, Oppermann J, Hahn P, Unglaub F. De Quervain Disease. Dtsch Arztebl Int. 2019;116(35-36):592–602. doi: 10.3238/arztebl.2019.0592

13. Colombia. Ministerio del Trabajo. Decreto 1072 de 2015. Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo [Internet]. Bogotá: MinTrabajo; 2015

[citado 2026 Jun 17]. Disponible en: https://www.mintrabajo.gov.co/normatividad/decreto-unico-reglamentario

14. Colombia. Ministerio de Salud y Protección Social. Resolución 2646 de 2008. Por la cual se establecen disposiciones y se definen responsabilidades para la identificación, evaluación, prevención, intervención y monitoreo permanente de la exposición a factores de riesgo psicosocial en el trabajo. Bogotá; 2008.

15. Fikre D, Hawulte Ayele B, Sime A, Tebeje F, Weldegebreal F. Prevalence of work-related musculoskeletal disorder and ergonomic risk practice among medical laboratory professionals at health facilities of eastern Ethiopia. Front Public Health. 2024; 12:1443217. doi: 10.3389/fpubh.2024.1443217

16. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). Elements of Ergonomics Programs [Internet]. Atlanta: CDC; 2022 [citado 2026 Jun 17]. Disponible en: https://www.cdc.gov/niosh/ergonomics

17. International Organization for Standardization. ISO 9241-411:2012. Ergonomics of human-system interaction Part 411: Evaluation methods for the design of physical input devices. Geneva: ISO; 2012. Disponible en: https://www.iso.org/standard/54106.html

18. Instituto de Biomecánica de Valencia. Tablas antropométricas de la población laboral española (ACOPLA 95). Valencia: IBV; 1996.