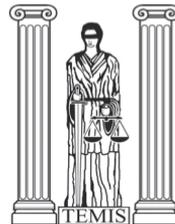


AVANCES DE INVESTIGACIÓN
EN INGENIERÍA APLICADA:
UNA MIRADA DESDE
LA ACADEMIA

EVELYN GARNICA ESTRADA
ALDO E. PIÑEDA GERALDO
RAMÓN M. CUBAQUE MENDOZA
HENRY FAJARDO FONSECA

AVANCES DE INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA APLICADA: UNA MIRADA DESDE LA ACADEMIA



Bogotá - Colombia
2012

Queda prohibida la reproducción por cualquier medio físico o digital de toda o una parte de esta obra sin permiso expreso de Corporación Universitaria Republicana.

Publicación sometida a pares académicos (*Peer Review Double Blinded*).

Esta publicación está bajo la licencia Creative Commons

Reconocimiento - NoComercial - SinObraDerivada 4.0 International



ISBN 978-958-59427-8-3

© Fondo de Publicaciones Corporación Universitaria Republicana, 2017.

© Evelyn Garnica Estrada et alter, 2017.

Diagramación y corrección: Editorial TEMIS S.A.

Calle 17, núm. 68D-46, Bogotá.

www.editorialtemis.com

correo elec. editorial@editorialtemis.com

Diseños y gráficos originales de Editorial TEMIS S.A.

Hecho el depósito que exige la ley.

PRESENTACIÓN

La Corporación Universitaria Republicana, por medio del Centro de Investigaciones y la Facultad de Ingeniería, presenta el libro *Avances de investigación en ingeniería aplicada: una mirada desde la academia*, con el fin de socializar los resultados de los procesos investigativos realizados desde los programas de Ingeniería Industrial y de Sistemas, que dan respuesta a las necesidades del entorno industrial y social de la comunidad local y regional. Estos resultados han sido consecuencia de un proceso serio y consciente realizado por un grupo de docentes investigadores con el apoyo de la Corporación.

En concordancia con las políticas institucionales del área de investigación y en especial las del desarrollo investigativo, el grupo OCA (Operaciones, Calidad y Administración) adscrito al programa de Ingeniería Industrial y el grupo GIDIS (Grupo de Investigación y Desarrollo de Ingeniería de Sistemas) adscrito al programa de Ingeniería de Sistemas, entienden la investigación como un proceso integral, consustancial a su quehacer y como eje articulador de los procesos académicos y de proyección social de la Corporación.

El objetivo de la presente obra es el de aportar nuevos conocimientos de carácter multidisciplinario, innovador y que contribuya con el desarrollo tecnológico del país. Es necesario resaltar el grado de compromiso que tienen los investigadores con su quehacer en la disciplina y su nivel creativo para sobrepasar los múltiples obstáculos que se presentan a diario en el desarrollo del proceso investigativo en Colombia.

Por último, expresamos nuestro sincero agradecimiento al doctor Luis Carlos Díaz Batlle de la Universidad El Bosque y

al doctor Rubén Alberto Cadavid Villa de la Universidad INCCA de Colombia, por su colaboración como pares académicos.

RAMÓN MARÍA CUBAQUE MENDOZA
Decano Facultad de Ingeniería

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I

TECNOLOGÍAS EMERGENTES APLICADAS A LA ROBÓTICA

EVELYN GARNICA ESTRADA

	PÁG.
Introducción	1
1. Marco teórico	2
2. Vigilancia tecnológica.....	3
3. Otras tecnologías	9
4. Computación ubicua	10
5. Conclusiones.....	11
Bibliografía	12

CAPÍTULO II

SÍNDROME DEL TÚNEL CARPIANO: FACTORES DE RIESGO ERGONÓMICO Y PSICOSOCIAL EN EL SECTOR LABORAL COLOMBIANO

ALDO E. PIÑEDA GERALDO

Introducción	15
1. Síndrome del túnel carpiano	17
2. Diagnóstico del túnel carpiano en Colombia	20

	PÁG.
3. Prevalencia	24
4. Factores de riesgo ergonómico	25
5. Los factores psicosociales	32
6. Decreto de las enfermedades profesionales en Colombia	35
7. Conclusiones	39
Bibliografía	41

CAPÍTULO III

RESPONSABILIDAD SOCIAL EMPRESARIAL, OPORTUNIDAD DE DESARROLLO PERSONAL Y ORGANIZACIONAL

RAMÓN MARÍA CUBAQUE MENDOZA

1. La persona humana en el contexto empresarial	47
2. Observaciones y conclusiones	56
Bibliografía	56

CAPÍTULO IV

USO INDISCRIMINADO DE LOS PLÁSTICOS: CUANDO SE ES CONSCIENTE DEL IMPACTO QUE GENERAN NUESTROS ACTOS

HENRY FAJARDO FONSECA

Introducción	59
1. Uso en Colombia y en el mundo	61
2. Propuestas de uso adecuado de desechos de plástico	65
3. Soluciones en Colombia	69
Bibliografía	71

CAPÍTULO V

LA INFLUENCIA DEL LIDERAZGO
DE LOS SUPERVISORES SOBRE
LA PRODUCTIVIDAD DE LOS TRABAJADORES
EN UNA INDUSTRIA DE ENSAMBLE DE PARTES

RAMÓN MARÍA CUBAQUE MENDOZA

Introducción	73
1. Proceso de producción	74
2. Aplicación del método Duncan	80
3. Conclusión	82
Bibliografía	82

CAPÍTULO I

TECNOLOGÍAS EMERGENTES APLICADAS A LA ROBÓTICA *

EVELYN GARNICA ESTRADA **

INTRODUCCIÓN

Este artículo presenta el estado del arte acerca de las tecnologías emergentes aplicables en el área de la robótica, dada la importancia que tiene el consumo actual tecnológico en el ámbito nacional y en el exterior, lo que lleva a plantear soluciones tecnológicas locales, y para esto se requiere de un conocimiento previo de la tecnología existente y de la que está en desarrollo.

Dentro del ambiente tecnológico, es muy importante conocer el estado de los desarrollos de vanguardia realizados a un

* Artículo de revisión del grupo de investigación GIDIS, dependiente del Centro de Investigaciones y de la Facultad de Ingeniería de la Corporación Universitaria Republicana. El proyecto está financiado por la Corporación Universitaria Republicana, registrado y avalado por Colciencias.

** Ingeniera de diseño y automatización electrónica. Docente-investigadora de la Corporación Universitaria Republicana *egarnicae@urepublicana.edu.co*

producto funcional que han sido probados, acogidos y aceptados por diferentes entes. Aun así, también es bueno considerar aquellos que no han sido probados en su totalidad, pero que basados en teorías lógicas podrían funcionar a futuro y ser acogidos acorde con las necesidades presentadas.

1. MARCO TEÓRICO

“Tecnologías emergentes” es un término empleado para definir la emergencia y convergencia de las tecnologías latentes. Entre ellas, está presente la nanotecnología, la biotecnología, las TIC (tecnologías de la información y la comunicación), la ciencia cognitiva, la inteligencia artificial y la robótica¹.

Quienes abogan por las ventajas de cambios tecnológicos generalmente observan a las tecnologías emergentes como una opción que puede brindar la mejora de la condición humana. Sin embargo, es una realidad que estos cambios radicales y avanzados generen riesgos para la supervivencia de la vida humana.

Al hablar de tecnologías emergentes que abarcan una fase actual entre 2010 y 2015, enmarcadas en *qué* capacidades emergentes se tiene, se habla de comunicaciones unificadas, realidad virtual, objetos y ambientes inteligentes, distribución sensorial, realidad aumentada, convergencia voz/datos, reconocimiento de voz, interfaz PC-cerebro, conectividad semántica, identificación de objetos, verificación de autenticidad y acceso ubicuo.

¹LAURO SOTO, Ensenada, BC, México, en <http://www.mitecnologico.com/Main/AplicacionDeTecnologiasEmergentesEnLosSectoresProductivoDeServiciosYDeGobierno>.

Cuando se habla del *cómo* se llevan a cabo las capacidades emergentes, se tienen tecnologías como la biometría, extracción de datos, web semántica, second life, dispositivos orgánicos emisores de luz, grid computing, cloud computing, wikis, blogs, smartphone, web service, VoIP, RFID, 4G wireless, redes de sensores, televisión digital terrestre (TDT), IP TV, entre otros.

Además, cuando se habla de las *aplicaciones* o ambientes donde se ve enmarcada la capacidad emergente, se habla de inteligencia artificial, inteligencia colectiva, interfaces naturales, suficiencia asistida, realimentación social e innovación en diseño, desarrollo e implementación por modelo de creación o utilidad, entre otros².

2. VIGILANCIA TECNOLÓGICA

Para conocer las tecnologías emergentes es importante hacer vigilancia tecnológica, y en este trabajo se realizó por Internet, en determinadas páginas web y utilizando metabuscadores. Es fundamental apoyarse en los registros de patentes como fuente de información, observatorios tecnológicos y mapas tecnológicos, que ayudan a tener una noción de la evolución de la tecnología y mediante esta se puede tener una prospectiva más definida.

Las tendencias emergentes para analizar están enmarcadas en la *comunicación*, la *percepción*, la *locomoción*, *almacenamiento de información*, *control/procesamiento* y *fuentes de energía*.

² http://www.mincyt.gov.ar/publicaciones/Prospectiva_TIC_2020.pdf

Comunicación: Las redes inalámbricas se han expandido notablemente en los últimos años, donde se tiene diversidad de elementos para establecer comunicaciones remotas, protocolos como bluetooth, IrDA, xbee, wifi, identificación de frecuencias de radio RFID, comunicaciones móviles a través de módulos gsm-gprs, entre otras.

La telepresencia o la teleoperatividad constituyen una nueva forma de comunicación a través de medios controlados remotamente, mediante el uso de imágenes y videos holográficos donde se recrea la presencia de forma virtual³.

Además, se puede hablar de reconocimiento de comandos de voz para comunicarse con una máquina (robot) o simplemente ejecutar acciones que se encuentran en el campo de la domótica y la inmótica a partir de la voz, gestos, movimientos, sonidos; entre otras acciones remotas, eliminando la necesidad de activar un sistema por contacto.

Percepción: Existen diversas variables físicas que es importante adquirir del medio; es así como se debe tener en cuenta el estado de la sensorica y qué tecnologías hay para ello en el campo de la robótica:

Escáneres de rango: Sensores que permiten medir la distancia a objetos cercanos.

GPS: Sistema de posicionamiento global, el cual mide la posición geográfica.

Sensores de imágenes: Las cámaras proporcionan imágenes del entorno, y utilizando técnicas de visión artificial se aplican diversos modelos y se extraen características del entorno.

³ http://sig.utpl.edu.ec/sigutpl/Staftpro/realidad/re_virtual.pdf

Sensores perceptores: Estos informan al robot de su propio estado, teniendo en cuenta variables como temperatura, posición, presión, entre otras.

Sensores de fuerza y torsión: Son indispensables cuando los robots manejan objetos frágiles u objetos cuya forma y localización son desconocidas.

Localización: Mediante sensores específicos, los robots pueden diseñar su propio mapa bajo filtros de Kalman⁴, técnicas probabilísticas y técnicas de muestreo (Montecarlo)⁵ y así tener una localización de forma autónoma.

Los últimos desarrollos en percepción son los microsensores que permiten recibir información del medio, procesarla y devolver una respuesta con tan solo unos milímetros o micrómetros cuadrados de tamaño.

Locomoción: Existen diversas categorías de robots y es allí donde difieren los mecanismos empleados: los manipuladores, brazos robóticos con movimiento, que requieren un desplazamiento en cadena de las articulaciones para posicionar a los efectores en cualquier lugar del entorno de trabajo.

Los robots móviles se desplazan por su entorno mediante ruedas, piernas, impulsión diferencial que es cuando se tienen dos ruedas independientes (orugas), una en cada lado, como un tanque militar y conducción sincronizada, con las cuales se

⁴ Filtro de Kalman, en http://es.wikipedia.org/wiki/Filtro_de_Kalman. Diseño y simulación de un filtro de Kalman para un robot móvil, en <http://www.cea-ifac.es/actividades/jornadas/xxv/documentos/21-anastanalf.pdf>

⁵ FRANK DELLAERT, “Monte Carlo localization for mobile robots”, Computer Science Department, Carnegie Mellon University, Vision, 2007.

puede mover y rotar sobre su propio eje⁶. También se resalta una topología mixta donde se tienen robots móviles con manipuladores, como los robots humanoides.

En temas de movilidad, en biomecatrónica se están desarrollando prótesis que integran la robótica con el sistema nervioso, logrando que funcionen con mayor agilidad que las prótesis actuales.

Para lograr dicha movilidad, los robots requieren actuadores según su aplicación y entorno; se destacan hoy en día: motores eléctricos (motorreductores, servomotores, motores paso a paso, micromotores), actuación neumática, actuación hidráulica, alambres musculares, entre otros.

Almacenamiento de información: Se puede utilizar la memoria de un procesador para guardar información; sin embargo, a veces resulta insuficiente y es necesario acudir a memorias externas. Por esta razón es común utilizar memorias flash, RAM, SD, MMC, almacenamiento masivo bajo NAND FLASH o simplemente con un PC para salvar la información. El esquema de la memoria de los robots que está en desarrollo forma parte de un concepto de memoria universal, siendo este un esquema basado en células que están compuestas por nanotubos de carbón, lo que permite enormes mejoras en la capacidad de almacenar datos⁷.

El aprendizaje de los robots está ligado a la capacidad de almacenamiento de información, entre mayor sea su capacidad de almacenamiento mejor puede ser el desempeño de sus funciones.

⁶ Robótica - jmabrigo.googlepages.com

⁷ Ceintec, Bilbao, "Nanotecnología: en busca de la memoria universal", en <http://www.ceintec.com/articulos/nanotecnologia:-en-busca-de-la-memoria-universal.-066.html>

Control/procesamiento: Los sistemas de control actuales son multitarea, pues tienen la capacidad de cumplir funciones de procesamiento y distribución de la información, además de hacer conversiones, operaciones y diversas tareas según su requerimiento. Al hacer el control con inteligencia artificial, se relacionan tres categorías: sistemas de planificación, sistemas reactivos y basados en comportamientos; además de sistemas híbridos.

Los sistemas de planificación se basan en generar una secuencia de acciones (plan) que permita alcanzar un objetivo deseado, partiendo de un estado inicial del sistema y de un modelo simbólico del entorno.

En los sistemas reactivos y basados en comportamientos, se plantea una asociación directa entre la percepción y la acción que dote al robot de la capacidad de producir respuestas inmediatas en su interacción con un mundo dinámico y no estructurado. El control se lleva a cabo mediante reglas condición-acción.

Respecto al hardware existe un sinnúmero de herramientas para trabajar con diversas características, aplicaciones y alcances. Vale la pena resaltar las FPGA (Field Programmable Gate Array /arreglo de compuertas programables/), DSP (Procesador Digital de Señal), PAC (Controlador de Automatización Programable), PLC (Controlador Lógico Programable), DCS (Sistemas de Control Distribuido), ASIC (circuito integrado para aplicaciones específicas), tarjetas de adquisición basadas en microcontroladores, microprocesadores, SoC (system-on-a-chip /sistemas sobre un único chip, integrando señales análogas, digitales y mixtas/), SoC con funciones de radiofrecuencia embebidas, capacidad de ejecutar sistemas operativos como Linux, Windows, entre otros.

Fuentes de energía: La eficiencia energética es un papel importante en el funcionamiento de un robot: entre más capacidad se tenga en las baterías, mayor será su durabilidad y autonomía. Existen muchos tipos de baterías y sistemas de alimentación, algunos desechables y otros renovables; este último ha sido la mejor opción para alimentar sistemas electromecánicos.

En el campo de las energías renovables se tiene energía solar, hídrica, eólica, mareomotriz, geotérmica, undimotriz, entre otras. Las más utilizadas en robótica son la energía solar mediante el uso de paneles fotovoltaicos y el aprovechamiento de hidrógeno a partir del agua por medio de celdas de hidrógeno.

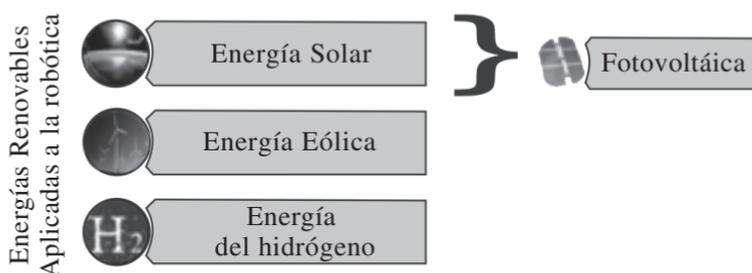


Figura 1. Energías alternativas.

El uso de las fuentes de energía naturales ha dado buenos resultados, pero aún existe elementos que exigen más características energéticas que no puede brindar un recurso renovable. Por esta razón, están en desarrollo las pilas larga vida y las ecológicas; son baterías de larga duración, biodegradables que no perjudican el medioambiente.

3. OTRAS TECNOLOGÍAS

Hoy en día se han destacado diversas tecnologías emergentes que desde diversas perspectivas se pueden asociar al campo de la robótica, dichas tecnologías son las siguientes:

1. *Visualización en 3D*: Revolucionará la forma de ver las cosas y en un nivel más avanzado se puede asociar a la forma de realizar simulaciones estáticas y dinámicas de sistemas mecánicos en 3 dimensiones holográficamente. Ahora es posible mediante vistas ISO en software especializado de diseño, pero si esta vista se obtiene de forma física y más real, sería más exacta y cercana a la realidad dicha simulación.

2. *Electrónica implantable*: Consiste en dispositivos solubles para detectar enfermedades o para tratamientos basados en nanobots (robots de escala nanométrica) para combatir enfermedades o realizar análisis específicos dentro del cuerpo humano, evitando las biopsias⁸.

3. *Componentes fotovoltaicos que atrapan la luz*: Consisten en células solares de película fina, hechas de semiconductores como el silicio amorfo, que tiene un aprovechamiento del 30 por ciento más que las celdas convencionales⁹.

4. *Combustible solar (combustible renovable)*: Se basa en un proceso de conversión del dióxido de carbono a etanol o diésel, empleando microorganismos fotosintéticos que utilizan la luz solar¹⁰.

⁸ KATHERINE BOURZAC, “Technology review”, en http://www.technologyreview.com/es/read_article.aspx?id=1208

⁹ BOB JOHNSTONE, “Technology review”, en http://www.technologyreview.com/es/read_article.aspx?id=1209

¹⁰ NIDHI SUBBARAMAN, “Technology review”, en http://www.technologyreview.com/es/read_article.aspx?id=1384

5. *Computación en la nube*: Se trata de tener mayor potencia de procesamiento y almacenamiento de la información en forma virtual e ilimitada, gracias a los enormes centros de datos gestionados por grandes empresas de la informática y de gestión de información como Amazon y Google. De esta manera, el almacenamiento de la información no dependerá de la capacidad de nuestros discos duros, sino que se puede alojar virtualmente en dichos centros de datos y acceder de cualquier forma y en cualquier momento. Así, cualquier mecanismo robótico que procese y almacene información no tendría límite si tiene conectividad a Internet, ya que podría beneficiarse de este tipo de computación.

4. COMPUTACIÓN UBICUA

El concepto de “computación ubicua” se refiere a la incorporación del PC en la cotidianidad del hombre; las unidades de procesamiento son adaptables, útiles, y lo más importante, grandes cantidades para un solo usuario. Pues antes se pensaba en la necesidad de tener un solo equipo de cómputo convencional, pero la computación ubicua transforma este concepto a la realidad de tener diversidad de PC en todo el entorno.

Este nuevo paradigma de computación no solo transforma el PC de escritorio, sino que también transforma la manera de hacer las cosas dando movilidad, flexibilidad y más usabilidad. Así mismo, la robótica ubicua forma parte de la integración de los servicios que puede proveer el sistema; por ende, se puede aprovechar por múltiples usuarios y volverse uno solo dependiente de dichos sistemas. Esto puede dar lugar a entornos ac-

tivos en los que los sistemas robóticos interactúan entre sí con el usuario de manera inteligente y no invasiva¹¹.

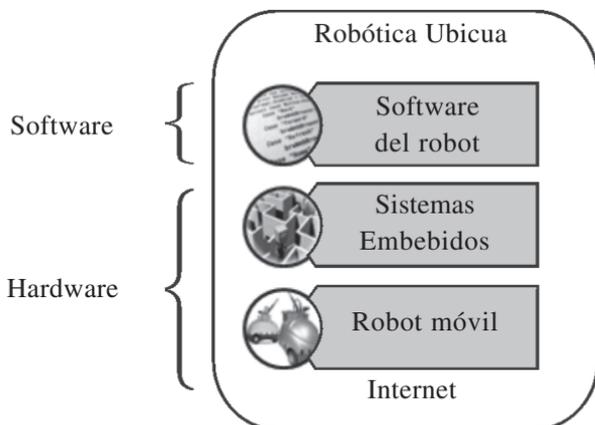


Figura 2. Esquema general – Robótica ubicua.

Los avances en comunicaciones inalámbricas han contribuido en la introducción de la computación ubicua a nuestra era. También es importante destacar los avances en el campo de los componentes electrónicos, que llevan a la reducción del tamaño de los dispositivos y al aumento de su potencia y eficiencia.

5. CONCLUSIONES

Es importante tener en cuenta cómo evolucionan las tecnologías, ya que dejan de ser emergentes en un instante. Para

¹¹ ALEJANDRO GUSTAVO SABATINI, “Computación ubicua o pervasiva e inteligencia ambiental”, referencia: Mark Weiser, en <http://interfacemind.braincomputer.wetpaint.com/page/2.A.1.1.7.-Computacion+Ubicua+o+Pervasiva+e+Inteligencia+ambie>

ello se considera indispensable conocer los objetivos futuros y las necesidades latentes, así se determinan los ciclos de introducción de nuevos desarrollos tecnológicos.

Al tener conocimiento de la prospectiva tecnológica, es necesario establecer un espacio de investigación y desarrollo de proyectos en las áreas de tecnologías emergentes en nuestro país. Por esta razón, la Corporación Universitaria Republicana ha identificado la pertinencia de trabajar en robótica y se ha seleccionado el tema de “Desarrollo de plataformas robóticas multifunción” que integra diversas disciplinas con fines educacionales.

La utilización de los robots cada vez se incrementa más, ya que permite a las personas el manejo de diversas tareas con mayor eficiencia y seguridad; así mismo, los avances en la tecnología (hardware y software) permiten que los sistemas de control sean más precisos y puedan solucionar con exactitud los problemas dados.

La tecnología avanza en torno a las comunicaciones. La etapa más relevante en las tecnologías emergentes es, y seguirá siendo, la capacidad en las comunicaciones; por esta razón, la reactividad de un robot está ligada a la capacidad de procesamiento y a los enlaces de comunicación que se establezcan entre sí.

BIBLIOGRAFÍA

- BOURZAC KATHERINE: “Technology review”, en http://www.technologyreview.com/es/read_article.aspx?id=1208
- Ceintec, Bilbao: “Nanotecnología: en busca de la memoria universal”, en <http://www.ceintec.com/articulos/nanotecnologia:-en-busca-de-la-memoria-universal.-066.html>

DELLAERT, FRANK: “Monte Carlo localization for mobile robots”, Computer Science Department, Carnegie Mellon University, Vision, 2007.

Filtro de Kalman, en http://es.wikipedia.org/wiki/Filtro_de_Kalman.
Diseño y simulación de un filtro de Kalman para un robot móvil, en <http://www.cea-ifac.es/actividades/jornadas/xxv/documentos/21-anastanalf.pdf>

http://www.mincyt.gov.ar/publicaciones/Prospectiva_TIC_2020.pdf
http://sig.utpl.edu.ec/sigutpl/Staftpro/realidad/re_virtual.pdf

JOHNSTONE, BOB: “Technology review”, en http://www.technologyreview.com/es/read_article.aspx?id=1209

Robótica - jmabrigo.googlepages.com

SABATINI, ALEJANDRO GUSTAVO: “Computación ubicua o pervasiva e inteligencia ambiental”, referencia: Mark Weiser, en <http://interfacemindbraincomputer.wetpaint.com/page/2.A.1.1.7.-Computacion+Ubicua+o+Pervasiva+e+Inteligencia+ambie>

SOTO, LAURO: Ensenada, BC, México, en <http://www.mitecnologico.com/Main/AplicacionDeTecnologiasEmergentesEnLosSectoresProductivoDeServiciosYDeGobierno>

SUBBARAMAN, NIDHI: “Technology review”, en http://www.technologyreview.com/es/read_article.aspx?id=1384

CAPÍTULO II

SÍNDROME DEL TÚNEL CARPIANO: FACTORES DE RIESGO ERGONÓMICO Y PSICOSOCIAL EN EL SECTOR LABORAL COLOMBIANO*

ALDO E. PIÑEDA GERALDO**

INTRODUCCIÓN

El síndrome del túnel carpiano es uno de los principales problemas de salud de los trabajadores que están asociados con factores de riesgo ergonómico, como las posturas inadecuadas, movimientos repetitivos, fuerzas, levantamientos de cargas, frío, calor, vibraciones y, además, están los factores de riesgo psicosocial. En un estudio del Instituto de Seguros Sociales (1998),

* Artículo de revisión del grupo de investigación: Operaciones, Calidad y Administración, dependiente del Centro de Investigaciones y de la Facultad de Ingeniería de la Corporación Universitaria Republicana. El proyecto está financiado por la Corporación Universitaria Republicana, registrado y avalado por Colciencias.

** Coordinador de la línea de investigación ergoantropometría. Antropólogo físico de la Escuela Nacional de Antropología e Historia de México, D. F. Especialista en ergonomía de la Universidad El Bosque. Docente-investigador de la Corporación Universitaria Republicana. *apineda@docente.urepublicana.edu.co*

nos reporta que existe una variación de factores ocupacionales que pueden contribuir a su aparición, como pueden ser: mayores demandas de producción, aumento de líneas de ensamble, el establecimiento de cuotas de producción, los programas de incentivos que llevan a un aumento de velocidad, repetición y posturas inadecuadas, mayor demanda de mujeres en la fuerza laboral (mano de obra), así como el incremento de las actividades con equipos de cómputo.

En los últimos años se ha incrementado esta enfermedad en Colombia. En un estudio realizado por la Corporación Cactus sobre las trabajadoras de cultivo de flores, se menciona que los sistemas de producción como el “trabajo de línea”, multiplica la exposición a los factores de riesgo (ZAMUDIO, 2006, pág. 2). Con la industrialización y la creación de nuevos empleos, que son cada vez más repetitivas en las líneas de trabajo, podría influir en los resultados; pero, sin embargo, se debe tener en cuenta que las empresas promotoras de salud son las más beneficiadas de manera directa en el diagnóstico temprano y, por otra parte, la calificación de enfermedades profesionales de origen ocupacional, ya que estas serían cubiertas por las ARP (administradoras de riesgos profesionales), por lo que el entrante de las primeras será influenciado en la identificación de la enfermedad y los posibles factores de riesgo y las causas.

Tomando en consideración la problemática planteada, esta investigación pretendió abordar las siguientes preguntas: ¿por qué se está incrementando el síndrome del túnel carpiano de origen ocupacional en el sector laboral colombiano?, ¿cuáles son los factores de riesgo que están ocasionando el incremento de esta patología?, ¿por qué no se implementan medidas correctivas y preventivas de riesgos profesionales para controlar y disminuir esta patología en los trabajadores colombianos?

Este estudio identifica algunos factores de riesgo ergonómico y psicosocial que inciden en los trabajadores de Colombia. Además, analiza las normas que facultan y obligan a realizar medidas preventivas de esta patología que está ocasionando un problema de salud en los trabajadores, cuya frecuencia se está incrementando y está asociada con altos costos por atención médica, siendo un problema potencialmente incapacitante y de un alto costo para las diferentes actividades económicas del país. Representado en el deterioro de la calidad de vida y laboral de los trabajadores expuestos a esta enfermedad profesional.

1. SÍNDROME DEL TÚNEL CARPIANO

El síndrome (término que emplean los médicos para discutir un conjunto de manifestaciones anormales) del túnel carpiano se origina por la compresión del nervio mediano en el túnel carpiano de la muñeca, por el que pasa el nervio mediano, los tendones flexores de los dedos y los vasos sanguíneos. Si se inflama la vaina del tendón se reduce la abertura del túnel presionando el nervio mediano (CILVETI e IDOATE, 2000). Por otra parte, su presentación es facilitada por las características anatómicas del túnel carpiano, donde el mediano puede ser afectado por cualquier condición que aumente de volumen las estructuras dentro del túnel o se estreche el tamaño de la envoltura exterior (Instituto de Seguros Sociales, 1998). La anatomía del túnel del carpo está formada por el ligamento transversal del carpo con sus cuatro inserciones en el carpo y el arco formado por los huesos del carpo. La rama cutánea palmar se origina en el nervio mediano aproximadamente de cuatro a cinco centímetros proximal al pliegue de la muñeca (QUINTERO, 2002). Una definición relacionada de origen ocupacional, según el Institu-

to de Biomecánica de Valencia (1996), dice: “compresión del nervio mediano en la muñeca, a su paso por un estrecho canal óseo, debida a trabajos repetitivos que exigen fuerza en una postura incómoda o por utilización de herramientas vibrátiles”.

Por otro lado, GOSSEL (2001) señala que “el túnel carpiano se manifiesta por distintas condiciones, por ejemplo: lesiones por movimientos y esfuerzos repetitivos, patologías por traumas acumuladas, síndrome de uso exagerado, síndromes de dolor crónico de las extremidades superiores o patologías por compresión del nervio”. A pesar de los vacíos en el conocimiento de los mecanismos precisos que inducen las lesiones del nervio del túnel carpiano, existe un consenso general: su origen es multifactorial. Es el resultado de una interacción de diversos factores: anatómicos, fisiológicos, mecánicos, individuales y psicosociales (Instituto de Biomecánica de Valencia, 1996).

RAMÍREZ, ESCOBAR y DE SUBIRÍA (2008, pág. 19) nos describen lo siguiente:

“Las características que posee el síndrome del túnel carpiano, al igual que los otros desórdenes músculo-esqueléticos, de tener una etiología multifactorial hace difícil atribuir su presentación a factores exclusivamente laborales, causalidad que en Colombia es condición legal para poder definir derechos prestacionales en el esquema vigente de seguridad social; por ello, a través de estudios contratados por el Ministerio de la Protección Social, se ha buscado definir una ponderación entre los diferentes factores causales concurrentes con el objetivo de verificar si hay un mayor peso de los elementos extralaborales o laborales en la génesis de la enfermedad para la edad y el tiempo de exposición al factor de riesgo del individuo afectado”. En los estudios de lesiones músculo-esqueléticas relacio-

nados con el trabajo, se reconoce que los mecanismos de aparición son: a) la interacción multivariante que se refiere a factores genéticos, artritis, diabetes, morfológicos, biomecánicos, uso continuo de la muñeca en flexión y los factores psicosociales; b) la teoría diferencial de la fatiga (desequilibrio cinético y cinemático); c) la cumulativa de la carga (repetición), y d) el exceso de fuerza (VERNAZA y SIERRA, 2005). En un estudio de la Universidad Nacional de Colombia (2009), encontraron que existen múltiples hipótesis que ocasiona esta patología. La primera es una compresión mecánica del nervio mediano por causas del sobreuso, hiperextensión repetitiva o prolongada de la articulación de la muñeca, y la segunda, el uso prolongado de herramientas manuales. En esta última se menciona la vibración debida a la sobreexposición a las vibraciones producidas por herramientas. Estos factores tienen alguna incidencia sobre las causas de esta patología (GARCÍA, GONZÁLEZ y GÓMEZ, 2009). Esta enfermedad está ocasionando cada vez más la incapacidad laboral y está asociada con altos costos por atención médica, cirugías y de indemnización por incapacidad (IDROVO, 2003). Incluso, puede llegar a incapacitar al individuo para dejar de trabajar y realizar otras tareas productivas (F. PARRA, L. PARRA y TISIOTTI, 2007).

Y como señalan PARRA *et al.* (2007, pág. 12):

“En casos extremos, el síndrome del túnel obliga a las personas a tener una intervención quirúrgica y a perder muchos días de trabajo o les impide trabajar del todo debido a que el funcionamiento de sus manos se deteriora por completo”. En sí, el interés ocupacional radica en que es un problema potencialmente incapacitante y de un alto costo para los diferentes sectores de la industria colombiana.

2. DIAGNÓSTICO DEL TÚNEL CARPIANO EN COLOMBIA

En los últimos años se ha incrementado el número de casos de esta enfermedad; una de las posibles causas del incremento y del problema, es la automatización y la especialización de los trabajos que han fragmentado las tareas (Cañas y Waerns, 2001). Este trastorno es común en los trabajadores que laboran a un ritmo acelerado en el sector manufacturero, que combinan trabajos manuales con procesos productivos, que exigen altas velocidades por el ingreso de nuevas tecnologías o por modalidades de producción, como el trabajo con incentivos (Betancur, 2001). La Corporación Cactus realizó un estudio sobre las trabajadoras de cultivo de flores, y se refiere a los sistemas de producción como el “trabajo de línea”, que multiplica la exposición a los factores de riesgo (Zamudio, 2006). Así mismo, las tareas se realizan utilizando una tecnología de los trabajadores al punto que un trabajo puede constar de una sola manipulación ejecutada miles de veces cada día de trabajo. Es decir, hacerlo cada vez más rápido puede traer como consecuencia el incremento de más riesgos de patologías osteomusculares y psicosociales (Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional, 2011).

La repetibilidad es uno de los factores citados por la Academia Americana de Cirujanos Ortopedistas. SILVERSTEIN considera que los movimientos son repetidos por lo menos 30 ciclos por minuto por más del 50 por ciento del trabajo. La labor repetitiva se entiende cuando se trata del mismo movimiento involucrando las mismas articulaciones y grupos musculares (músculos de la mano). Y, además, la falta de períodos adecuados de pausas y recuperación entre cada ciclo (como sucede en los teclados de los computadores). En una investigación de tra-

bajadores de oficina de consultoría en Cali, Colombia (2010), el 98,5 por ciento de estos describieron sintomatología osteomuscular durante los últimos doce meses, siendo una de las más frecuentes en muñecas y manos. En este reporte se menciona que la manifestación fue mayor en el grupo de 40 a 48 años; resultando un impedimento para realizar trabajos en el mismo grupo de edad. La presencia de síntomas osteomusculares en los últimos doce meses, según género, fue más sobresaliente en mujeres con una prevalencia del 21,1 por ciento para las muñecas y manos (GALLÓN, ESTRADA, QUINTERO, CARVAJAL y VELÁSQUEZ, 2010).

Esta patología se ha caracterizado como una condición resultante de la inflamación causada por el movimiento repetitivo del antebrazo, la muñeca y la mano por un tiempo prolongado. Se induce que cuando los trabajadores usan sus dedos y flexionan sus muñecas repetidamente, se pueden inflamar los tendones dentro del túnel carpiano. En cuanto a las posturas inadecuadas de los movimientos de la muñeca, la flexoextensión mayor de 20°, la desviación radial mayor de 15° o ulnar mayor de 20°, causan el desplazamiento de los tendones y su fricción contra superficies adyacentes. Se tienen antecedentes que estos movimientos incrementan la presión en el túnel carpiano, llegando a producir cambios neurofisiológicos y síntomas de la mano (Instituto de Seguros Sociales, 1998). GOSSEL (2001, pág. 3) señala que “al aumentar la fuerza para el agarre puede aumentar las presiones al túnel carpiano, empeorar la función del nervio mediano y acelerar el síndrome del túnel carpiano”. Además, considera que “las mujeres tienen un riesgo significativamente más alto de padecer esta patología que los hombres. Se desconoce el factor para este alto riesgo. Por ejemplo, el esfuerzo intenso en las manos de las jornadas domésti-

cas, la mecanografía y otros trabajos pueden contribuir a su alta incidencia”. Y, por consiguiente, la lesión se puede atribuir a causas laborales. Algunos estudios se refieren a la relación que existe entre el trabajo repetitivo solo o combinación de factores de riesgo y el síndrome del túnel carpiano. Existe otra evidencia que nos indica que hay una asociación entre el STC y las posturas extremas. Y, así mismo, la evidencia del trabajo con la muñeca y la vibración (RODRÍGUEZ, 1997).

De acuerdo con la estadística del Ministerio de la Protección Social, encontramos lo siguiente: en el 2001, el 65 por ciento correspondió a enfermedades del sistema músculo-esquelético. El diagnóstico más frecuente reportado fue el síndrome del túnel carpiano, con 27 por ciento del total de los casos; en las mujeres trabajadoras la primera causa de morbilidad fue el túnel carpiano. En el 2002, la primera causa de enfermedad profesional en mujeres, se manifestó en trabajadoras con 47 por ciento del total de los diagnósticos. En el 2003 y 2004 continúa siendo la primera causa de morbilidad profesional en Colombia; durante el 2003, el 30 por ciento de los diagnósticos correspondió al túnel carpiano. Durante el 2004, crece con 32 por ciento de todos los diagnósticos. De acuerdo con el informe de “Enfermedad profesional en Colombia”, publicado por el Ministerio de la Protección Social, durante este cuatrienio el síndrome carpiano es la primera causa de enfermedad profesional, incrementándose del 27 por ciento en el 2001, al 32 por ciento de todos los diagnósticos en el 2004. En otro reporte del 2005, la primera causa de morbilidad profesional en los trabajadores afiliados a la ARP del Seguro Social, fue el síndrome del túnel carpiano. Y en las registradas en las ARP durante el 2005, correspondió al síndrome del túnel carpiano. Continuando con los antecedentes estadísticos, en el 2006 se reportaron 946 ca-

sos, en el 2007, 982 y para el 2008 se ha reportado solo el 50 por ciento de algunas entidades con 455 casos (Ministerio de la Protección Social, 2007). Por consiguiente, se puede ver que la tendencia de esta patología se está incrementando gradualmente, tal como se ha reflejado en los reportes de esta enfermedad.

En cuanto a la distribución de enfermedades profesionales, según actividad económica, estudios sobre trabajadores de esta lesión demuestran que la actividad económica más afectada por esta patología es la floricultura, con el 32,6 por ciento. En efecto, la entidad promotora de salud Coomeva reporta que de 23.000 trabajadoras/es de este sector, durante el 2001 y 2005 se calificó un total de 661 síndromes del túnel carpiano. Estos se calificaron como enfermedad profesional por las administradoras de riesgos profesionales. El 76 por ciento correspondió a mujeres; ellas representan la población laboral de cultivo de flores (OSPIÑO, 2005). En el sector público (no determinadas) el 10,6 por ciento, en los sectores textil 7 por ciento y salud 5,5 por ciento. Entre las actividades que se destacan con mayor frecuencia figuran: cultivo de flores con el 30,6 por ciento; computadores (secretarías, digitadores, cajeros y otros) con el 18,2 por ciento, y aseo y servicios domésticos con el 9,1 por ciento (Ministerio de la Protección Social, 2007). También en el sector de la caña encontramos que los trabajadores tienen una actividad extenuante y repetitiva; se presentan innumerables accidentes, lesiones y enfermedades profesionales, ya que los movimientos repetitivos del machete y las posturas incómodas son antiergonómicas, y esto causa fatiga y problemas del túnel carpiano (<http://www.ens.co/articulos.htm>, 2011).

Consideramos importante mencionar a los minusválidos que trabajan en sillas de ruedas y aquellos que padecen del túnel

carpiano. La prevalencia se incrementa con la edad; la mayoría de las tareas que ejecutan al levantarse y los movimientos que realizan con las manos en extensión máxima, aumenta la presión de los tejidos en el túnel carpiano. De tal manera que estos trabajadores ni con férulas ni cirugías en la muñeca, solucionan alivio a mediano o largo plazo (SZABO, 1995). Además, la incidencia de esta patología profesional se asocia a un alto impacto socioeconómico en los trabajadores y sus familias, sobre la productividad de las empresas y en el sistema de riesgos profesionales en cuanto a costos; representado en el deterioro de la calidad de vida y laboral de los trabajadores expuestos a esta enfermedad profesional (Ministerio de la Protección Social, 2007).

3. PREVALENCIA

Las tasas de prevalencia para el síndrome del túnel carpiano en población general son de 0,1 a 0,6, que aumentan hasta el 20 por ciento en poblaciones ocupadas laboralmente. En los estudios internacionales se presenta en mujeres entre los 18 y 56 años (34,2%), y en los hombres entre los 20 y 53 años (32,3%) (ARDILA, 2005). El centro de control de enfermedades de Estados Unidos estima que el 47 por ciento de los casos se relaciona con el trabajo de todas las enfermedades ocupacionales industriales (RAMÍREZ *et al.*, 2008). En grupos de alto riesgo como los trabajos manuales, la incidencia puede ser 150 casos por 1.000 trabajadores por año. En el caso de Colombia, el 76 por ciento corresponde a mujeres, y se presenta en los cultivos de flores, que es cercana 4 a 1 con relación a mujeres y hombres (ZAMUDIO, 2006). Tenemos otros reportes por esta patología asociada a enfermedades con el 3 por ciento en tiroideas, con

el 3,2 por ciento en diabetes *mellitus*, artritis reumatoide con 4,5 por ciento y con 47 por ciento en obesas (QUINTERO, LUBINUS y MANTILLA, 2006).

Como se refleja en los estudios, es más frecuente en mujeres que en hombres, hipotéticamente, puede ser a una acción biomecánica; pues la mano posee ligamentos transversos del carpo. El ligamento actúa como una polea para la mayoría de los movimientos de la flexión; mantiene los tendones flexores de los dedos dentro de su eje durante el movimiento de la muñeca, mano y dedos, y disminuye la fuerza necesaria para lograr los diferentes movimientos (QUINTERO *et al.*, 2006). Además, otros factores como los anatómicos, así como otros patrones manuales en la actividad de los trabajadores, están asociados con microtraumas repetitivos (SZABO, 1995).

4. FACTORES DE RIESGO ERGONÓMICO

El riesgo es la probabilidad de ocurrencia de un evento, ya sea una enfermedad, la complicación de esta o la muerte. El factor de riesgo es el conjunto de fenómenos de los cuales depende la probabilidad de ocurrencia de un evento. Es decir, cuando ocurre el fenómeno ya sea físico, ergonómico, químico, psicológico o social que por su presencia o ausencia está relacionado con la enfermedad estudiada o puede ser la causa de su aparición en determinadas personas en un lugar y tiempo (GONZÁLEZ, 2006). Así mismo, estos factores y condiciones del ambiente de trabajo que afectan al personal no solo en su salud, física y mental, sino también en su productividad, son variables; no los vamos a mencionar en este estudio, sino algunos de interés (HENAO, 2006).

Los factores de riesgo identificados que prevalecen para el túnel carpiano son multifactoriales y se pueden dividir así: a) anatómicos, por disminución del tamaño del túnel, b) por anomalías óseas ligamentarias del carpo, incluyendo entidades inflamatorias y c) fisiológicos (neuropatías, diabetes tipo I, alcoholismo, cigarrillo, alteraciones del balance de líquidos; embarazo, obesidad y enfermedad de Raynaud) (Ministerio de la Protección Social, 2007). Los identificados son aquellos que están relacionados con el trabajo y los movimientos repetitivos de la mano (dedos) (SAAIBI, 1998). Sin embargo, también concurren otros factores como el género, ya que las mujeres tienen un riesgo más alto de padecer el síndrome que los hombres; quizá porque el carpo es más pequeño en las mujeres. Se desconoce este alto riesgo; pero el esfuerzo intenso de las manos, propio de los oficios domésticos, la mecanografía y otros trabajos, puede contribuir a su alta incidencia. Estos incluyen, en la génesis del síndrome, problemas mecánicos en la muñeca, estrés laboral y el uso repetido de herramientas. Esto es resultado de una combinación de factores que aumentan la presión sobre el nervio, causándole futuros problemas (JORDÁN, PACHÓN y REGUEIRA, 2005). ROEL, ARIZO y RONDA (2006) mencionan que las principales causas de esta enfermedad de origen laboral, se deben al uso de herramientas inadecuadas, técnicas de trabajo deficientes y tareas manuales repetitivas con aplicación de fuerza.

Es posible que los factores ergonómicos puedan causar esta enfermedad y, por tanto, afectar a los trabajadores. A continuación los mencionaremos: existen actividades en las que los trabajadores disponen diferentes posturas, que de ser inadecuadas pueden inducirles a un estrés biomecánico (aumento de la presión en el túnel carpiano, isquemia y, finalmente, cambios histológicos en el nervio y en sus tejidos blandos) (Fundación

Mapfre, 2001). La clasificación de las posturas se divide en el siguiente orden: a) *postura prolongada*, cuando se adopta la misma postura por el 75 por ciento o más de la jornada laboral (seis horas o más), b) *postura mantenida*, es aquella postura biomecánicamente correcta por dos o más horas continuas sin posibilidad de cambios. Si la postura es biomecánicamente incorrecta, se considerará mantenida si se conserva por 20 minutos o más, c) la *forzada*, cuando están fuera de los ángulos de comodidad y d) las *posturas antigravitacionales*, cuando el cuerpo o un segmento está en contra de la gravedad (Ministerio de la Protección Social, 2007). En la postura concurren movimientos de la muñeca que pueden causar desplazamientos de los tendones y fricción contra superficies adyacentes; estos pueden ser flexoextensión mayor de 20° o desviación radial mayor de 15°. Se conocen algunos antecedentes de que este mecanismo biomecánico incrementa la presión del túnel carpiano, que lleva a cambios neurofisiológicos y síntomas de la mano (ARDILA, 2005).

Otro de los factores de riesgo ergonómico es la carga física a los que está sometido el trabajador durante la jornada laboral; esta se basa en dos tipos de trabajo muscular: el estático y el dinámico. El primero se manifiesta por las posturas, y el segundo está determinado por el esfuerzo muscular, los desplazamientos y el manejo de cargas (Fundación Mapfre, 1998, en Ministerio de la Protección Social, 2007). El factor de riesgo por requerimiento de fuerza, es aquella tensión producida en los músculos por el esfuerzo requerido para el desempeño de una tarea. Y se puede clasificar como riesgo cuando se superan las capacidades del trabajador o trabajadora, cuando se da un esfuerzo en carga estática, cuando se realiza el esfuerzo en forma repetida y cuando los tiempos de descanso son insuficientes

(Ministerio de la Protección Social, 2007). La fuerza se genera en los músculos y es transmitida por los tendones, huesos y ligamentos. La mayoría de las actividades requieren de la ejecución de fuerzas para trasladar, impulsar o estabilizar los dedos y la muñeca contra la gravedad, la inercia, los pesos y la fuerza de reacción (ARDILA, 2005).

Aquí mencionaremos aquellos factores específicos asociados con el trabajo y los movimientos repetitivos de la mano, la muñeca y otros. Los movimientos repetidos que incluyan flexión, extensión y desviación cubital de la muñeca, en particular cuando se combinan con la acción de agarrar alguna herramienta. Otros autores, como PALMER, concluyen que la utilización persistente y prolongada de herramientas manuales vibrantes duplica con exceso el riesgo de contraer esta patología. Y como lo refieren otros estudiosos: existen evidencias que hacen notorio los riesgos similares a los vinculados a la flexión y extensión de la muñeca durante largos períodos y en régimen altamente repetitivo, sobre todo cuando dicho movimiento va acompañado de una fuerza prensil (Organización Internacional del Trabajo, 2009). Estas afecciones traumáticas acumulativas afectan, a menudo, a individuos en ocupaciones específicas, como se menciona más adelante (SZABO, 1995).

Los movimientos repetitivos durante largos períodos pueden provocar alteraciones en el aparato locomotor (componente muscular). El trabajo repetitivo es cuando se mueven una y otra vez las mismas partes del cuerpo humano, sin tener pausas durante un tiempo o de variar los movimientos. Se determina por la frecuencia (número de veces), el grado de esfuerzo, rapidez y velocidad, posición y movimientos reforzados y períodos de descanso insuficiente de la actividad laboral realizada (Organización Mundial de la Salud, 2004). A su vez, se conside-

ra que un trabajo repetitivo es cuando la duración del ciclo de trabajo fundamental es menor de 30 segundos o cuando se dedica más del 50 por ciento del ciclo a la ejecución del mismo tipo de acción (SILVERSTEIN, 1986, en Fundación Mapfre, 2001). Ahora, existen otros criterios de trabajo repetitivo: cuando se realizan dos piezas por minuto, 120 a la hora o 980 piezas por día; cuando se realizan entre 7.600 y 12.000 movimientos que requieran fuerza al día; cuando se producen 1.500 movimientos de la muñeca en una hora. El trabajo repetitivo se realiza normalmente con las partes distales de las extremidades superiores (muñeca, mano y dedos), mientras que el hombro estabiliza el brazo, realizando un trabajo más estático. Según este documento de la Fundación Mapfre, parece que los trabajos repetitivos (ciclo menor de 30 segundos) y una fuerza alta asociada ($>$ de 4 kg) presentan tasas de incidencia de lesiones músculo-esqueléticas 15 veces superiores a las que se presentan asociadas a trabajos con repetitividad y fuerzas bajas (BASCUAS, 2001).

PIEDRAHÍTA (2004) menciona las evidencias de la relación causal entre factores de riesgo físico en el trabajo y el desarrollo de desórdenes músculo-esqueléticos en las extremidades superiores mano/muñeca (síndrome del túnel carpiano), y encuentra que la repetición y la vibración tienen una evidencia de relación con los factores de trabajo y seguidamente la combinación de estas, encuentra una fuerte evidencia. Y como lo mencionan EVANOFF y REMPEL (1999), las características de las tareas que han estado asociadas con elevadas tasas de desórdenes y síntomas en extremidades superiores, incluyendo el STC, son la repetición, la fuerza, las posturas extremas, la vibración, el contacto mecánico, la duración y la organización del trabajo.

En los descansos es recomendable cambiar de postura y apartarse del puesto de trabajo. En algunos estudios se ha comprobado que son mejor toleradas las pausas activas (estiramientos musculares) que las pausas pasivas o de relajación. Y en cuanto a los períodos de recuperación, es de considerar lo siguiente: descansos, incluyendo el descanso del almuerzo; períodos en los que la tarea no abarca a los músculos habitualmente implicados; período dentro de un ciclo, en el que los músculos implicados estén inactivos, que tengan un tiempo entre 10 y 20 segundos. Para beneficiar al trabajador se debería dar una pausa de 10 a 15 minutos cada una o dos horas de trabajo continuo. En el trabajo de computadores es de gran beneficio dar pausas de 5 minutos cada hora y un tiempo máximo de utilización continuada de pantallas inferior a cuatro horas (Fundación Mapfre, 2001). Un documento de la Universidad Politécnica de Valencia, sobre rotación de puestos de trabajo se recomienda el método More (método de orientación de rotaciones ergonómicas), nos dice: la variación de tareas permite disminuir el cansancio y el riesgo de aparición de lesiones músculo-esqueléticas, siempre que la alternancia de actividades suponga un cambio de los grupos musculares implicados en los movimientos realizados. Por lo anterior, la rotación implica cambiar el contenido de las tareas, así como las habilidades y conocimientos necesarios para llevarla a cabo, lo que influye de manera positiva en la satisfacción de los trabajadores. Así pues, algunos de los objetivos de la ergonomía es disminuir la monotonía, el aburrimiento, aumentar la calidad del producto, disminuir el estrés y mejorar la productividad (DIEGO, 2006).

Las labores que representan más riesgos de esta patología son: mecanógrafas, digitadoras, procesadores de alimentos, trabajadoras de floricultura, el ramo textil, ensambladores de

automóviles y eléctricos, procesadores de carnes (adecuación de materia prima y empaque), en la industria pesquera (captura, selección y adecuación de materia prima; etiquetado y almacenamiento del producto terminado) (Sociedad Colombiana de Medicina del Trabajo, 1997, e Instituto de Seguros Sociales, 1997). Trabajadores de la construcción, músicos, cortadores, costureros, empacadores, empleados de restaurantes, operarios que usan herramientas manuales, empleadas domésticas, empleados de lavanderías y trabajadores de la salud (PERILLA, 2005). En la tabla 1 se pueden observar los ejemplos de tareas relacionadas con esta patología de origen ocupacional.

Tabla 1. Tareas y ocupaciones relacionadas con el síndrome del túnel carpiano.

TAREAS	OCUPACIONES
Agarrar y estirar con fuerza tejidos, halar telas	Modista, sastre, confección
Corte de flores	Trabajadora de cultivos de flores
Manejar objetos en bandas transportadoras	Obrero en línea de producción
Presionar trinquetes usando destornilladores	Mecánico
Desyerbar manualmente	Jardinero y agricultor
Utilizar pistolas de spray	Pintor
Tejer	Tejedor(a)
Lavar y planchar	Trabajadora doméstica
Tocar instrumentos	Músico
Usar escáner y teclado en cajeros	Cajera(o)
Presionar teclas y escribir en teclados	Personal de oficina

TAREAS	OCUPACIONES
Cortar y deshuesar. Empaque y almacenamiento	Carnicero
Ensamblar pequeñas y medianas partes	Trabajador(a) de la industria electrónica y eléctrica
Hacer girar teclas, botones y llaves	Cerrajero
Usar guantes inapropiados para aplicar presión externa	Trabajador de agricultura, industria mecánica
Presionar herramientas en la palma de la mano	Pintor, carpintero
Golpear palancas de seguridad o máquinas de sellos	Procesador de recibos
Usar herramientas manuales neumáticas	Ensamblador
Lavar, cortar, secar y peinar el cabello	Peluquera
Dar masaje	Masajista
Captura, selección y adecuación de materia prima	Trabajador(a) de la industria pesquera

Fuente: GOSSEL, 2001, pág. 3. Modificado por el autor.

5. LOS FACTORES PSICOSOCIALES

En relación con los factores psicosociales existen evidencias que el trabajo (organización del trabajo) y las actividades pueden desencadenar la patología. En algunos estudios, como lo sugiere RODRÍGUEZ, no hay una consistencia, pero apunta a que el aumento de horarios, monotonía, pausas, trabajos noc-

turnos, inestabilidad laboral, falta de autonomía, la monotonía de las tareas, la mayor o menor responsabilidad inherente al cargo u oficio, presión del tiempo (ergonomía temporal), la automatización de los procesos, control limitado sobre la labor, trabajo de rango bajo o de bajo soporte social, se asocian al síndrome del túnel carpiano (RODRÍGUEZ, 1997). La pregunta sería: ¿cuáles son las posibles formas de desencadenar esta patología?: a) la influencia directa en la carga mecánica, como la presión de tiempo a realizar movimientos acelerados o repetitivos y b) la influencia del estrés generado por estos factores en la aparición de síntomas músculo-esqueléticos, o bien por provocar un aumento del tono muscular o condicionado una mayor percepción subjetiva de síntomas (Instituto de Biomecánica de Valencia, 1996).

Como se puede demostrar en una encuesta que se realizó en trabajadoras/es de cultivo de flores sobre la salud ocupacional, se encontró que el 61,1 por ciento de las trabajadoras y los encuestados hayan señalado “tener un mejor salario”; el 48,1 por ciento se refiere a “tener más tiempo para compartir con la familia”, como propuestas para promover la salud mental y de esta manera mejorar las condiciones de vida y trabajo. Ampliar el tiempo de descanso 36,6 por ciento y disminuir la carga de trabajo 26,6 por ciento dieron como respuesta a la encuesta (ZAMUDIO, 2006). Así mismo, se puede decir que existen otros factores inherentes: el género, las aptitudes, los antecedentes psicológicos y aspiraciones.

En otro estudio epidemiológico de PIEDRAHÍTA (2004), señala que “la relación entre los factores de riesgo psicosocial y extremidades superiores (muñeca y antebrazo), tienen una asociación entre las siguientes características: primera, el cansancio, tensión y distrés psicosocial. Segunda, baja posibilidad

de tomar decisiones; poca probabilidad de controlar el ritmo de trabajo e insuficientes estímulos en el trabajo. Tercera, alta demanda de trabajo. Cuarta, bajo soporte social, y quinta, limitadas pausas en el trabajo”. Y como lo indica el autor, “el distrés psicosocial, las pocas posibilidades de tomar decisiones y las altas demandas del trabajo, están relacionados con el trabajo y a la vez asociados con la ocurrencia de desórdenes de extremidades superiores”.

Según RODRÍGUEZ (1997, pág. 584): “Como estos factores no se encuentran relacionados con demandas físicas, los efectos pueden ser independientes de los factores físicos del puesto. Es evidente de que esas asociaciones no se limitan a unos tipos de trabajo particulares, pero rara vez se encuentra variedad en las situaciones de trabajo. Esto sugiere que los factores de riesgo psicosocial pueden presentarse generalizados en relación con los desórdenes osteomusculares”. Como lo referencia la autora, “esta patología es multifactorial y, por tanto, debemos incluir otros factores incidentes, como los individuales, la cultura del trabajo, la edad, el género, el hábito de fumar, la actividad física, peso y estatura (índice de masa corporal), tamaño de la mano, la antropometría (algunas investigaciones han explorado que los trabajadores con el túnel del carpo son de menor estatura y más pesados que la población general)”. ROLÓN e HISSENHOVEN (1999) mencionan que las mujeres por ser más pequeñas y tener menos fuerza que el hombre, se encuentran con mayor dificultad en la adaptación antropométrica en los puestos de trabajo y requieren un mayor esfuerzo en el uso de algunas herramientas y equipos, generando mayor lesión sobre los tejidos.

Estas variables pueden contribuir en el desarrollo del dolor, la incapacidad y el cambio del dolor agudo al crónico. Por

lo anterior, tendríamos que sugerir y en un futuro realizar un estudio correlacional de las variables antropométricas con criterios ergonómicos, relacionado con esta patología. PIÑEDA (2009) publicó un manual de antropometría aplicada a la ergonomía, que se puede utilizar para la adecuación y diseño de puestos de trabajo e incluso para realizar estudios de la composición corporal (peso graso, peso óseo, peso muscular y visceral). Así, también los factores de riesgo psicosocial podrán ser reducidos si los espacios de trabajo son confortables y seguros. De esta manera se puede disminuir la accidentalidad y se favorecen las relaciones interpersonales, permitiendo un mejor y mayor rendimiento del trabajador(a), beneficiándolo(a) a él (ella) y a las empresas colombianas.

6. DECRETO DE LAS ENFERMEDADES PROFESIONALES EN COLOMBIA

Según la definición del decreto 1295 de 1994, del Ministerio de la Protección Social (2009): “Se considera enfermedad profesional todo estado patológico permanente o temporal que sobrevenga como consecuencia obligada y directa de la clase de trabajo que desempeña el trabajador, o del medio en que se ha visto obligado a trabajar...”. Además, el numeral 2 del artículo 201 del Código Sustantivo del Trabajo, señala que la tabla de enfermedades puede ser modificada o adicionada en cualquier tiempo por el gobierno. Que la definición contenida en el literal m) del artículo 1º de la decisión 584 de 2004 del Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo de la Comunidad Andina de Naciones-CAN, define la enfermedad profesional como la contraída como resultado de la exposición

a factores de riesgo inherentes a la actividad laboral (Ministerio de la Protección Social, 2009).

Ahora, de acuerdo con el decreto 1832 de 1994, “por el cual se adopta la tabla de enfermedades profesionales”, nos referiremos expresamente a aquellas que están relacionadas con los factores de riesgo ergonómico y psicosocial:

“Artículo 1º: [...] 30. Enfermedades por vibración: trabajos con herramientas portátiles y máquinas fijas para machacar, perforar, remachar, aplanar, martillar, apuntar, prensar, o por exposición a cuerpo entero. 31. Calambre ocupacional de mano o de antebrazo: trabajos con movimientos repetitivos de los dedos, las manos o los antebrazos. 32. Enfermedades por bajas temperaturas: trabajadores en neveras, frigoríficos, cuartos fríos y otros con temperaturas inferiores a las mínimas tolerables. 33. Enfermedades por temperaturas altas: superiores a las máximas toleradas, tales como calambres por calor, choque por calor, hiperpirexia, insolación o síncope por calor. [...] 37. Otras lesiones osteomusculares y ligamentosas: trabajos que requieren sobreesfuerzo físico, movimientos repetitivos y/o posiciones viciosas. [...] 42. Patologías causadas por estrés en el trabajo: trabajos con sobrecarga cuantitativa, demasiado trabajo en relación con el tiempo para ejecutarlo, trabajo repetitivo combinado con sobrecarga de trabajo. Trabajos con técnicas de producción en masa, repetitivo o monótono o combinados con ritmo o control impuesto por la máquina. Trabajos por turnos, nocturno y trabajos con estresantes físicos con efectos psicosociales, que produzcan estados de ansiedad y depresión, infarto del miocardio y otras urgencias cardiovasculares, hipertensión arterial, enfermedad acidopéptica severa o colon irritable”.

Además, en este decreto se menciona:

“Artículo 2º. *De la relación de causalidad.* En los casos que una enfermedad no figure en la tabla de enfermedades profesionales, pero se demuestre la relación de causalidad con los factores de riesgo ocupacional, será reconocida como enfermedad profesional.

”Para determinar la relación de causalidad en patologías no incluidas en el artículo 1º de este decreto, es profesional la enfermedad que tenga relación de causa-efecto, entre el factor de riesgo y la enfermedad” (Ministerio de la Protección Social, 2009, pág. 5).

“Artículo 3º. *Determinación de la relación de causalidad.* Para determinar la relación causa-efecto, se deberá identificar:

1. La presencia de un factor de riesgo causal ocupacional en el sitio de trabajo en el cual estuvo expuesto el trabajador.
2. La presencia de una enfermedad diagnosticada médicamente relacionada causalmente con ese factor de riesgo. No hay relación de causa-efecto entre factores de riesgo presentes en el sitio de trabajo, con la enfermedad diagnosticada, cuando se determine: a) Que en el examen médico preocupacional practicado por la empresa se detectó y registró el diagnóstico de la enfermedad en cuestión; b) La demostración mediante mediciones ambientales o evaluaciones de indicadores biológicos específicos, que la exposición fue insuficiente para causar la enfermedad” (Ministerio de la Protección Social, 2009).

Finalmente, para resumir los factores de riesgo psicosocial en el trabajo, la resolución 2646 de 2008, del Ministerio de la Protección Social (2008), determina disposiciones y responsabilidades para la identificación, evaluación, prevención, intervención y monitoreo permanente de la exposición a factores de

riesgo psicosocial en el trabajo y para la determinación del origen de las patologías causadas por el estrés ocupacional y otras (Ministerio de la Protección Social, 2008). El capítulo II, artículo 5º, dice que los factores psicosociales comprenden los aspectos intralaborales, los extralaborales o externos a la organización y las condiciones individuales o características intrínsecas del trabajador(a), los cuales en una interrelación dinámica, mediante percepciones y experiencias, influyen en la salud y el desempeño de las personas.

El artículo 6º señala los factores que deben evaluar los empleadores, y son los siguientes: gestión organizacional, características de la organización del trabajo, características del grupo social de trabajo, condiciones de la tarea, carga física, condiciones ambientales de trabajo, interfase trabajador(a)-tarea, jornada, número de trabajadores, tipo de beneficios mediante los programas de bienestar, programas de capacitación y formación de los trabajadores. El artículo 7º se refiere a los factores extralaborales que deben evaluar los empleadores: utilización del tiempo libre, tiempo de desplazamiento y medio de transporte utilizado de la casa al trabajo, y viceversa. Pertenencia a redes de apoyo, características de la vivienda y acceso a servicios de salud. El diseño y método para estos tipos de estudio son las encuestas y estas, a la vez, se aplican para la intervención en los aspectos psicosociales. En el artículo 9º los empleadores deberán tener información actualizada sobre los siguientes aspectos: condiciones de salud, ocurrencia de enfermedades profesionales y rotación de personal. Sintetizando, en la resolución citada se pueden consultar otros artículos relacionados con factores de riesgo psicosocial en el trabajo (Ministerio de la Protección Social, 2008).

7. CONCLUSIONES

En el planteamiento del análisis e identificación de los factores de riesgo relacionados con esta patología, los más frecuentes son los movimientos repetitivos, las ocupaciones que requieren aplicación que alternan continuamente aumento y la disminución de fuerzas. Las actividades con temperatura fría y caliente, trabajos que se asocian con vibraciones, la edad, el género, el tiempo de exposición (antigüedad en el puesto), factores genéticos, la obesidad, la diabetes, la ocupación, el manejo de sillas de ruedas, el uso excesivo de las manos. Todos estos factores ergonómicos y psicosociales en el puesto de trabajo se presentan como una enfermedad multifactorial.

Además, una de las acciones efectivas será la de proteger al trabajador(a) de los factores de riesgo ergonómico y psicosocial en el trabajo y establecer en las empresas, el sector público, universidades, pesca y agricultura (cultivo de flores), una cultura de promoción de la salud con programas de actividades preventivas y diseñar proyectos específicos para el control de riesgos ergonómicos y psicosociales, tal como está estipulado en la resolución 2646 de 2008 (17 de julio). Y así, permita mejorar las condiciones de trabajo y salud, como la productividad de las empresas. Igualmente, se debe tener un control de las cargas físicas de los miembros superiores, de las posturas y movimientos repetitivos a través de rotaciones y capacitación de los trabajadores. A su vez, intervenir mediante métodos ergonómicos y diseñar puestos de trabajo con criterios ergonómicos para reducir esta patología y restringir los gastos que está ocasionando esta en el sector laboral colombiano. Así mismo, el Ministerio de la Protección Social está trabajando la normatividad sobre ergonomía para que se aplique a todos los centros de trabajo.

Conociendo la dimensión del problema del túnel carpiano en Colombia, es responsabilidad de todos: administradoras de riesgos profesionales, empleador, trabajadores, autoridades, universidades, profesionales de la salud, entidades de promotoras de salud, empresas del sistema de seguridad social, sector privado y gubernamental. El conjunto de todas estas instituciones deberían contribuir a mejorar el diagnóstico, capacitar a los médicos sobre la relación salud-trabajo-ergonomía (enfermedades profesionales), investigación epidemiológica del síndrome del túnel carpiano de la población trabajadora, con incentivos para los investigadores. Y la actualización sistemática con alta tecnología informática de las principales enfermedades profesionales.

Los hallazgos de la “Primera encuesta nacional de condiciones de salud y trabajo en el sistema general de riesgos profesionales” confirman lo antes expresado (VARILLAS, ELIKEMANS y TENNASSEE, 2004, citado en PARRA, 2010). En el sentido de que los datos no son confiables en el área de la salud de los trabajadores, tienen como consecuencia: “Esta ausencia no permite sensibilizar ni a la opinión pública, ni a los trabajadores, ni a los empresarios y ni a las autoridades de salud” (PARRA, 2010, pág. 6).

Para finalizar, las estadísticas reportadas por los diferentes sectores no son visibles, ya que la información es dispersa. En este sentido, creemos que el Ministerio de la Protección Social y las entidades de riesgos profesionales, deberían tener una base de datos fidedigna sobre esta patología profesional y asumir la gran responsabilidad para diseñar programas formales, orientados a disminuir esta enfermedad que se está incrementando cada año.

BIBLIOGRAFÍA

- American Psychological Association (2002). *Manual de estilo de publicaciones*, México, D. F., Manual Moderno.
- ARDILA, A. (2005). “Intervención fisioterapéutica en prevención para síndrome del túnel carpiano en usuarios de videoterminal”, tesis de especialización, Bogotá, Universidad El Bosque.
- BASCUAS, J. (2001). *Ergonomía*, Madrid, Instituto de Ergonomía, Fundación Mapfre.
- BETANCUR, F. (2001). “Ergonomía aplicada al diseño en los puestos de trabajo. Prevención y control de los desórdenes por trauma acumulativo de las extremidades superiores”, Medellín, Compañía Suramericana Administradora de Riesgos Profesionales y Seguros de Vida (Suratep).
- CILVETI, S. e IDOATE, V. (2000). *Posturas forzadas*, Madrid, Ministerio de Sanidad y Consumo.
- CAÑAS, J. y WAERNS, I. (2001). *Ergonomía cognitiva*, Madrid, Médica Panamericana.
- DIEGO, J. (2006). “Rotación de puestos de trabajo: método More”, España, Universidad Politécnica de Valencia. Resumen recuperado el 14 de mayo de 2011 de *ergonautas.com*
- Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo* (1989). Madrid, Organización Internacional del Trabajo, Ministerio de Trabajo y Seguridad Social
- EVANOFF, B. y REMPEL, D. (1999). “Epidemiology of upper extremity disorders”, en Karwowski, W. Marras, *The occupational ergonomics handbook*, Boca Ratón, Florida, EE. UU.
- FARRER, F., MINAYA, G. y NIÑO, G. (1995). *Manual de ergonomía*, Madrid, Fundación Mapfre.
- Fundación Mapfre (2001). *Ergonomía*. Zaragoza.
- GARCÍA, G., GONZÁLEZ, A. y GÓMEZ, A. (2009). “Síndrome del túnel del carpo”, *Revista Morfolia*, 1(3):11-23.
- GALLÓN, M., ESTRADA, J., QUINTERO, M., CARVAJAL, R. y VELÁSQUEZ, J. (2010). “Prevalencia de síntomas osteomusculares en trabaja-

- dores de oficina de una empresa de consultoría en ingeniería eléctrica de Cali”, *Revista Colombiana de Salud Ocupacional*, 1:8-11.
- GONZÁLEZ, J. (2006). *Estado actual del sistema general de riesgos profesionales en Colombia*, Bogotá, Universidad Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario.
- GOSSEL, T. (2001). *Síndrome del túnel carpiano. Una guía para manejarlo por medio de un tratamiento no invasor*, Beiersdorf, S. A., Littleton, Colorado, EE. UU.
- HENAO, F. (2006). *Introducción a la salud ocupacional*, Bogotá, Ecoe. <http://www.ens.co/articulos.htm>. Consulta: 12 de febrero de 2011.
- IDROVO, A. (2003). “Estimación de la incidencia de enfermedades ocupacionales en Colombia, 1985-2000”, *Revista de Salud Pública*, 5(3):1-7.
- Instituto de Biomecánica de Valencia (1996). “Evaluación de riesgos de lesión por movimientos repetitivos”, Valencia.
- Instituto de Seguros Sociales (1997). “Prevención de lesiones osteomusculares por trabajo repetitivo en la industria de alimentos”, Bogotá.
- ARP (1998). *Síndrome del túnel carpiano. Prevalencia de la enfermedad y validación de un set de pruebas de tamizaje en poblaciones ocupacionalmente expuestas de Santafé de Bogotá y la Sabana de Bogotá*, Bogotá, Edit. Trazo Ltda.
- Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional. <http://www.cdc.gov/Spanish/niosh/fact-sheets/Facts-sheet-705001.html-15k>. Consulta: 20 de marzo de 2011.
- JORDÁN, M., PACHÓN, L. y REGUERA, R. (2005). “Síndrome del túnel carpiano: vinculación básica clínica”, *Revista Médica Matanzas*, 13:1-4.
- Ministerio de la Protección Social (2007). “Guía de atención integral de salud ocupacional basada en evidencia para desórdenes músculo-esqueléticos (DME) relacionados con movimientos repetitivos de miembros superiores (síndrome de túnel carpiano, epicondilitis y enfermedad de Quervain)”, 4:1-119.

- (2007). “Informe de enfermedad profesional en Colombia, 2003-2005”, Bogotá.
- (2008). “Factores de riesgo psicosocial en el trabajo” (resolución 2646 de 2008), Bogotá.
- (2009). “Tablas de enfermedades profesionales”, (decreto 2566 de 2009), Bogotá.
- (s/f). “No se le vaya la mano. Prevenga el síndrome del túnel del carpo”, Bogotá.
- Ministerio de Trabajo y Seguridad Social (1995). “Guía para el control de riesgos ocupacionales”, Bogotá.
- Organización Internacional del Trabajo (2009). “Documento de información técnica sobre las enfermedades que plantean problemas para su posible inclusión en la lista de enfermedades profesionales que figura como anexo de la recomendación sobre la lista de enfermedades profesionales” (publicación núm. 194), Ginebra, Suiza.
- Organización Mundial de la Salud (2004). “Prevención de trastornos músculo-esqueléticos en el lugar del trabajo”, Francia.
- OSORIO, H., PEÑUELA, S. y RICO, G. (2009). *Guías de prácticas. Ergonomía*, Bogotá, Universidad INCCA.
- OSPINO, C. (2005). “Salud y trabajo en el sector floricultor”, ponencia presentada en el Foro Sector Floricultor, noviembre, Bogotá.
- PARRA, L. (2010). “Panorama de los riesgos de trabajo en Colombia y sus escenarios probables para el 2016”, *Revista Colombiana de Salud Ocupacional*, 1:5-7.
- PARRA, F., PARRA, L. y TISIOTTI, P. (2007). “Síndrome del túnel carpiano”, *Revista de Posgrado*, Cátedra de Medicina, núm. 73.
- PERILLA, S. (2005, 6 de abril). “A trabajar sin que se le vaya la mano”, Bogotá, *El Tiempo*, págs. 2-6.
- PIEDRAHÍTA, H. (2004). “Evidencias epidemiológicas entre factores de riesgo en el trabajo y los desórdenes músculo-esqueléticos”, Fundación Mapfre, *Medicina*, 15:212-221.
- PIÑEDA, A. (2009). *Manual de antropometría aplicada a la ergonomía*, Bogotá, Edit. Guadalupe.

- PUÉRTOLAS, C. y OTERO, C. (1996). “Estudio de la patología de miembro superior producida por movimientos repetitivos”, *Revista del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo* (116), Madrid.
- QUINTERO, J., LUBINUS, F. y MANTILLA, J. (2006). *Diagnóstico por imagen del túnel del carpo*, Bucaramanga, Universidad Autónoma de Bucaramanga, (9)2.
- QUINTERO, L. (2002). *Fundamentos de cirugía (la muñeca y la mano)*, Medellín, Corporación para Investigaciones Biológicas.
- RAMÍREZ, F., ESCOBAR, M. y DE SUBIRIA, L. (2008). “Neuroconducción del nervio mediano en el túnel del carpo en digitadores de dos empresas de telecomunicaciones de Medellín”, *Revista Facultad de Salud Pública*, 20(1):18-26.
- RODRÍGUEZ, S. (1997). *Lesiones osteomusculares y ligamentosas*, Bogotá, Ministerio de Trabajo y Seguridad Social.
- ROEL, J., ARIZO, V. y RONDA, E. (2006). “Epidemiología del síndrome del túnel carpiano de origen laboral en la provincia de Alicante, 1996-2004”, *Revista Española de Salud Pública*, 80(4):1-15.
- ROLÓN, F. y VAN HISSENHOVEN, J. (1999). “Síndrome del túnel carpiano en trabajadores informales y microempresarios de los sectores mecánico, ornamental y pintura, expuestos laboralmente a trauma acumulativo. Teusaquillo”, tesis de especialización, Universidad El Bosque, Bogotá.
- SAAIBI, D. (1998). “Síndrome del túnel del carpo”, *Revista MedUNAB*, 1(1):22-31.
- Sociedad Colombiana de Medicina del Trabajo (1997). “Enfermedades profesionales”, Bogotá.
- SZABO, R. (1995). “Guía de manejo para el síndrome del túnel carpiano”, *Tribuna Médica*, 91(5):262-269.
- VARILLAS, W., ELIKEMANS, G. y TENASSE, M. (2004). “Sistematización de los datos básicos sobre la salud de los trabajadores en las Américas”, Organización Mundial de la Salud.
- VALLEJO, J. (2000). “Beneficios de las micropausas de trabajo”. Recuperado el 12 de marzo de 2011, del sitio web de Ergonomía Ocupacional: <http://www.ergoocupacional.com/4910/20878.html>

- VELANDIA, E. (2008). *Enfermedad profesional y su impacto social*, Bogotá, Federación de Aseguradores Colombianos (Faselcolda).
- VERNAZA, P. y SIERRA, C. (2005). “Dolor músculo-esquelético y su asociación con factores de riesgos ergonómicos en trabajadores administrativos”, *Revista de Salud Pública*, 7(3):1-11.
- ZAMUDIO, R. (2006). “La salud, un derecho desplazado por las flores”, *Boletín de la Corporación Cactus*, 21:1-3.

CAPÍTULO III

RESPONSABILIDAD SOCIAL EMPRESARIAL, OPORTUNIDAD DE DESARROLLO PERSONAL Y ORGANIZACIONAL*

RAMÓN MARÍA CUBAQUE MENDOZA**

1. LA PERSONA HUMANA EN EL CONTEXTO EMPRESARIAL

En la búsqueda de optimización empresarial, el ser humano ha sido involucrado como un recurso *que se encuentra cubierto tras un manto adornado llamado “talento humano”*, pero al igual que los recursos utilizados en forma desorientada antes de la existencia de un modelo industrial que rigiera los procesos; el desarrollo del ser humano dentro de un progreso industrial ha sido bastante traumático, puesto que se ha perdido la orientación hacia su perfeccionamiento y se ha enfocado

* Artículo de investigación del grupo Operaciones, Calidad y Administración (OCA), línea de investigación, gestión económica y administrativa, dependiente del Centro de Investigaciones y de la Facultad de Ingeniería de la Corporación Universitaria Republicana. El proyecto está financiado por la Corporación Universitaria Republicana, registrado y avalado por Colciencias.

** Decano de la Facultad de Ingeniería de la Corporación Universitaria Republicana. Artículo realizado con los coinvestigadores Juan Carlos Rubiano y José Luis Rojas Baquero.

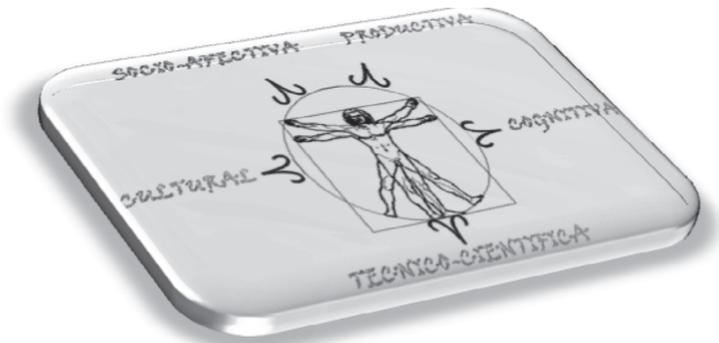
en el avance de otros indicadores de gestión sin tener en cuenta el principal activo de las organizaciones que son sus mismos empleados, sus clientes, sus proveedores y los consumidores de su bien o servicio producido.

Por tanto, nuestro principal objetivo es el impulso y creación de una herramienta que en primera instancia ayude a medir y a identificar los impactos que genera la industria en torno a la persona, al ser humano. En segunda instancia, integrarlo y convertirlo en un sistema que ayude a mitigar y minimizar al máximo estos problemas que aquejan y afectan de forma directa o indirecta a la sociedad; en última instancia, tener la capacidad de adaptar este sistema a cualquier organización que lo requiera.

En busca de cumplir el objetivo propuesto, se identificaron las dimensiones que afectan de forma directa al ser humano, a la persona, que en sí son el eje de su satisfacción y existencia, lo cual fue un acercamiento para cumplir el primer paso propuesto en la investigación. Las dimensiones definidas como el medio por el cual las organizaciones pueden afectar a la persona, son las siguientes:

- ✓□ Dimensión socioafectiva
- ✓□ Dimensión productiva
- ✓□ Dimensión cultural
- ✓□ Dimensión tecnocientífica
- ✓□ Dimensión cognitiva

Gráfico 1. Dimensiones del ser humano.



Fuente: [www.vectorizados.com/hombre de vitruvio](http://www.vectorizados.com/hombre-de-vitruvio)

La comprensión de la dimensión socioafectiva evidencia la importancia que tienen la socialización y la afectividad en el desarrollo armónico e integral en los primeros años de vida, incluyendo el período de tres a cinco años.

El desarrollo socioafectivo en la persona como ser en crecimiento permanente, cumple un papel fundamental en el afianzamiento de su personalidad, autoimagen, autoconcepto y autonomía, esenciales para la consolidación de su subjetividad, como también en las relaciones que establece con los compañeros de trabajo, familiares y personas cercanas a él; de esta forma va logrando crear su manera personal de vivir, sentir y expresar emociones y sentimientos frente a los objetos, animales y personas del mundo, la manera de actuar, disentir y juzgar sus propias actuaciones y las de los demás, al igual que la de tomar sus propias determinaciones.

La dimensión productiva está ligada al trabajo, por el cual el ser humano desarrolla su personalidad, se siente útil en la vida, se integra a la comunidad, fomenta su creatividad y favorece su autoestima. El trabajo está ligado a la productividad, que en última instancia, es desarrollar las labores asignadas de la mejor manera, con los conocimientos, con el equipo y los ins-

trumentos adecuados, dentro del mejor ambiente, con la motivación y estímulo suficientes.

La competitividad es también inherente al trabajo: el que trabaja compite con los demás que desarrollan una tarea similar; el que produce u ofrece servicios compite con los que hacen algo semejante. La empresa como equipo integrado por empresarios, trabajadores y usuarios del bien o servicio producido en ella, desarrollan las competencias y las ponen en acción para generar la competitividad.

La productividad ha tomado la cultura como innecesaria, pero su presencia no puede ser vista solo como parte de la improductividad en el mundo realista; una realidad cultural nos imprime un sentido, una razón de ser, por ello vive entre el individuo social día a día. Se ha convertido en un factor determinante en la toma de decisiones de distintas sociedades, decisiones que han sido importantes en la historia. La dimensión cultural es el conjunto de informaciones adquiridas socialmente y transmitidas mediante el lenguaje y es parte fundamental de la vida social de la persona.

La dimensión tecnocientífica no son las propias herramientas físicas las que la conforman, sino las ideas y comportamientos aprendidos que permiten a los humanos inventar estas herramientas, utilizarlas y explicarlas a otros. La tecnología es tanto una dimensión cultural como una creencia y patrón de interacción: es simbólica.

Esta dimensión tecnocientífica es valiosa, que no se produce para su consumo directo, sino para utilizarla en beneficio de un incremento de la producción y, por tanto, de la riqueza en el futuro: es una inversión.

Se ha dicho que los humanos son animales “creadores de herramientas”. Existen otros animales que usan herramientas,

pero ninguno posee una tecnología tan sofisticada y bien desarrollada como los humanos.

Para una persona, el desarrollo de la dimensión tecnocientífica mejora su calidad de vida, en la cual se incluyen la vivienda, el mobiliario y enseres, como los aparatos y utensilios de cocina, puertas, ventanas, camas y lámparas.

El lenguaje, que es uno de los rasgos más importantes del ser humano, pertenece a la dimensión tecnológica (es una herramienta). Junto con él, los medios de comunicación como radios, teléfonos, televisión, libros y máquinas de escribir (hoy ordenadores).

En una organización, el desarrollo de la dimensión tecnocientífica incluye los escritorios, ordenadores, papeles, sillas, bolígrafos, locales, teléfonos y salas de descanso. Algunas organizaciones tienen tecnología específica: pelotas y uniformes para los clubes de fútbol, pizarras y tiza en las escuelas, altares y bancos en las iglesias, pistolas y porras para la policía, transmisores y micrófonos en las cadenas de radio.

La dimensión cognitiva es la posibilidad que tiene el ser humano de aprehender conceptualmente la realidad que le rodea, formulando teorías e hipótesis sobre la misma, de tal manera que no solo la puede comprender, sino que, además, interactúa con ella para transformarla.

Después de identificar estas dimensiones, la pregunta es: ¿cómo poder medirlas en el contexto de satisfacción y cumplimiento de las mismas y cómo estas dimensiones de la persona repercuten en el desarrollo de las organizaciones?

Con base en la resolución de esta pregunta, se vio la necesidad de realizar una prueba piloto con una herramienta de apoyo, en este caso una encuesta, que con sus preguntas des-

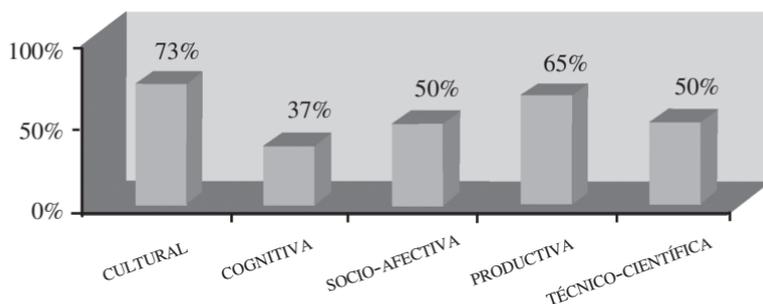
glosara cada una de las dimensiones mediante sus componentes y así poder observar el comportamiento de las variables dependientes y su relación con las independientes, de manera que nos permitiría acercarnos de forma exploratoria.

Esta prueba piloto se aplicó a cuatro de los sectores más representativos del centro de estudio, la *localidad de Engativá*, entre los cuales la mayoría de las empresas son informales. Dentro de los sectores se encuentran:

- ✓ Textil
- ✓ Metalmecánico
- ✓ Litografías
- ✓ Maderas

Los resultados obtenidos después de realizar la prueba piloto en cuanto al cumplimiento de los estándares y el desarrollo de las dimensiones son los siguientes:

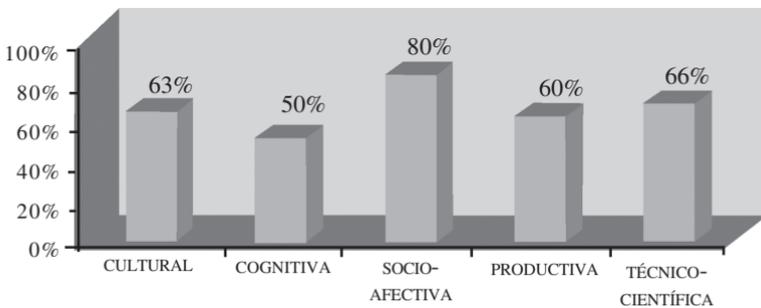
Gráfico 2. Resultados sector textil.



Fuente: Grupo de investigación SMIIS.

Análisis. Los problemas más graves que se presentan en el desarrollo de estas dimensiones son, en general, en el área cognitiva, ya que el empleador y el empleado muy poco conocen las normativas que rigen la responsabilidad social y, además, para el empleador no es relevante que las empresas realicen iniciativas de responsabilidad social empresarial.

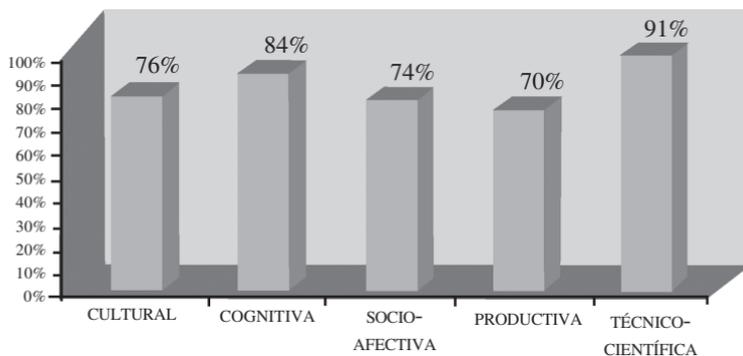
Gráfico 3. Resultado sector maderas.



Fuente: Grupo de investigación SMIS.

Análisis. Al revisar los datos obtenidos, podemos dar una contribución importante en esta primera fase de nuestra investigación a nivel exploratorio, al encontrar recurrencias en fallas de distintas variables que componen las dimensiones, de forma tal que se puedan llevar a indicadores que midan la gestión de la empresa en cuanto a su desarrollo. En este caso, la dimensión cognitiva.

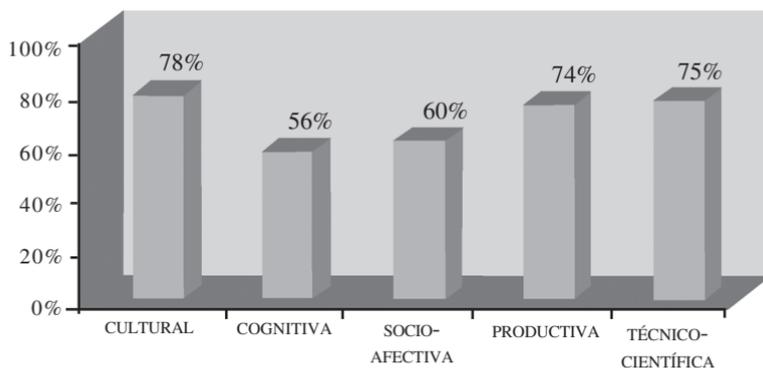
Gráfico 4. Resultado sector metalmecánico.



Fuente: Grupo de investigación SMIIS.

Análisis. En comparación con las demás pruebas realizadas se ve una mejora en este sector, pero se debe revisar si en realidad los parámetros y la percepción de lo que en sí eran las preguntas y su sentido, los asimiló de forma correcta la persona que contestó la prueba, porque se detectaron algunas fallas en la realización del experimento, específicamente en este sector.

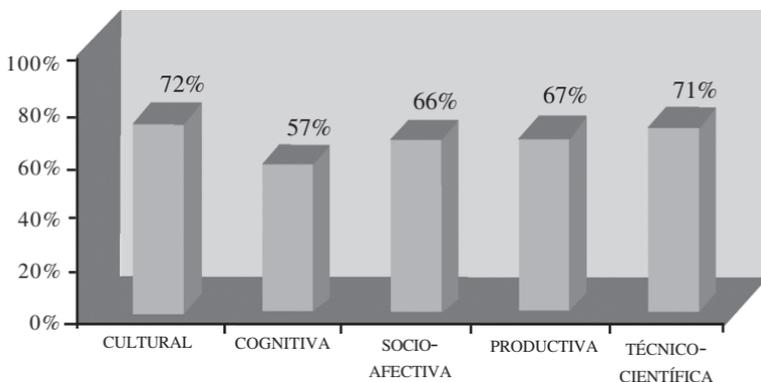
Gráfico 5. Resultado sector litografía.



Fuente: Grupo de investigación SMIIS.

Análisis. Se debe tener en cuenta el fortalecimiento de dimensiones como la socioafectiva, en la que se incluyen variables como lugares de esparcimiento que la empresa brinde a sus trabajadores y encuentros sociales que realice el empleador para mejorar el desarrollo integral del individuo. Y de esta forma mejorar su rendimiento y potencial dentro de la organización.

Gráfico 6. Consolidado final.



Fuente: Grupo de investigación SMIIS.

Análisis. Este gráfico nos muestra la ponderación general de todos los resultados por dimensiones, lo que es nuestro primer acercamiento a la realidad del desarrollo de las dimensiones, en algunos de los sectores más importantes de la localidad de Engativá. Claro está, se deben tener en cuenta todas las fallas y problemas que se presentaron al realizar la prueba para darles una solución que mitigue los posibles errores futuros, y de esta forma tener un análisis más preciso.

2. OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES

✓ Las personas conocen poco acerca de las normas de responsabilidad social.

✓ En las empresas existe poco interés por capacitar a sus empleados en cuanto a las normas de responsabilidad social empresarial.

✓ Los empresarios tienen un concepto variado del significado de la responsabilidad social.

✓ Se pudo percibir la falta de interés por apreciar objetivamente el grado de compromiso con la responsabilidad social empresarial.

✓ El empleado tenía prevención al responder la prueba, por temor a las represalias que tomara el empleador contra él.

✓ Aunque no es fácil el estudio del ser humano como tal, por ser tan complejo y a la vez distinto, se pueden identificar algunas variables que repercuten sobre él y de allí afirmar y deducir aportes que valoren y potencialicen su desarrollo.

Por último, esta frase que marca de forma concreta pero clara el centro de nuestra investigación:

“Una compañía que entiende que su propio éxito está entrelazado con la salud de la sociedad y el bienestar general, es aquella que es socialmente responsable que lleva adelante un negocio rentable, teniendo en cuenta todos los efectos medioambientales, sociales y económicos —positivos y negativos— que genera en la comunidad”.

BIBLIOGRAFÍA

FLÓREZ OCHOA, R.: *Hacia una pedagogía del conocimiento*, Bogotá, Edit. Nomos, 2000.

- HERNÁNDEZ SAMPIERI, R. *et al.*: *Fundamentos de metodología de la investigación*, México, McGraw-Hill, 2003.
- HUBBARD, LAFAYETTE R.: *La comunicación*, 2003.
- Icontec, ISO 26000, 2009.
- KUEHL, R. O.: *Diseño de experimentos*, Madrid, Edit. Thomson, 2001.
- LEÓN, O. y MONTERO, I.: *Introducción a la lógica de la investigación en psicología y educación*, McGraw-Hill, 1995.
- PARKIN, A. J.: *Exploraciones en neuropsicología cognitiva*, Panamericana, 1999.
- THURWO, L.: *Construir riqueza*, Edic. Argentina, 2000.
- TORRABADILLA, P.: *Inteligencia emocional en el trabajo*, Bogotá, Intermedios Editora, 2004.

CAPÍTULO IV

USO INDISCRIMINADO DE LOS PLÁSTICOS: CUANDO SE ES CONSCIENTE DEL IMPACTO QUE GENERAN NUESTROS ACTOS

HENRY FAJARDO FONSECA *

INTRODUCCIÓN

Este documento apunta a responder la pregunta: *¿cuáles son las incidencias del uso indiscriminado de los plásticos en la vida moderna y cómo solucionar su impacto?*

Comencemos por aclarar los inicios de este material que tanto hemos consumido desde mediados del siglo xx: los plásticos aparecieron aproximadamente hace sesenta años y desde entonces han tenido innumerables tipos de aplicaciones. El impacto ambiental que estos productos causan, se presenta incluso antes de estar convertidos en bolsas, recipientes o envases, entre otros; por tal motivo, el uso del petróleo como mate-

* Ingeniero industrial, especialista en ingeniería de la calidad y el comportamiento. Candidato a maestría en Planeación Socioeconómica en la Universidad Santo Tomás. Docente Investigador en la Corporación Universitaria Republicana y en la Universidad Santo Tomás en pregrado y posgrado.

ria prima para la producción de plásticos, genera problemas ambientales como la emisión de gases de invernadero. Por ello, la importancia de generar nuevas tecnologías que aporten a la generación de procesos productivos limpios y del uso adecuado de los residuos de este tipo de empresas que producen plásticos.

El Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) aclara perfectamente qué es la producción limpia: “La aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva integrada a procesos, productos y servicios para incrementar la eficiencia total y reducir los riesgos para el ser humano y el medioambiente. Este concepto puede ser aplicado a diferentes procesos industriales, a productos en sí mismos y a varios servicios ofrecidos a la sociedad. En procesos productivos, la P + L involucra la conservación de materias primas, agua y energía con la disposición de materiales tóxicos y peligrosos y la reducción de la cantidad y toxicidad de todas las emisiones y residuos en la fuente, el proceso. En productos, la producción más limpia ayuda a reducir el impacto ambiental, en la salud y en la seguridad de los productos durante todo su ciclo de vida”¹.

Debido a su utilidad, la industria del plástico ha ido creciendo, generando avances y la satisfacción de muchas necesidades; pero así mismo, ésta es una de las razones por las cuales los artículos de plástico se han convertido en materiales de consumo masivo. En los hogares, se utiliza en promedio 300

¹ *United Nations Environmental Program*. “Cleaner production-key elements”, United Nations Environmental Program (UNEP). Consultado 08-09-10. URL disponible en internet: http://www.uneptie.org/pc/cp/understanding_cp/home.htm-definition

bolsas de plástico al año, aunque la mayoría de las personas vuelven a utilizar estas bolsas y los demás productos plásticos se reciclan, casi todos terminan en vertederos.

Por ejemplo, en los procesos productivos se ha calculado que para fabricar una bolsa toma un segundo; pero a la vez, se calcula que el tiempo de utilización es de 20 minutos, mientras su descomposición está alrededor de los 350 a 400 años. Esto significa que el medioambiente está asumiendo todo el costo y daño incalculable, tanto así que se cree que la primera bolsa plástica que se fabricó todavía está rondando la Tierra en algún lugar.

Este costo ambiental lo sufren los afluentes de agua dulce y salada, causando miles de muertes de peces, tortugas y otros animales que se alimentan constantemente, confundíendolas con alimentos. La Fundación Greenpeace ha calculado que existen cerca de 18.000 piezas de bolsa plástica que se encuentran flotando constantemente por cada kilómetro cuadrado en los mares del mundo. Así mismo, para recuperar estos elementos implica una inversión muy alta para todos los países interesados en la limpieza de playas, océanos y ríos a los cuales llegan estos residuos plásticos.

1. USO EN COLOMBIA Y EN EL MUNDO

En Colombia existen cerca de 2.000 empresas que fabrican plástico, de las cuales alrededor de 100 están en Bogotá. No hay cifras exactas sobre el consumo de bolsas plásticas, pero puede tomarse como referencia el dato proporcionado por una de las empresas de grandes superficies, como lo es Carrefour. Esta distribuye al año 100 millones de bolsas plásticas y toda-

vía no existe un número exacto de bolsas que se rechazan. De las 6.000 toneladas de basura que se arrojan al relleno sanitario Doña Juana diariamente, 840 t (14%) son materiales plásticos, la mayoría bolsas.

Al hacer uso excesivo de este tipo de materiales, se presenta un grave problema, ya que los plásticos al poseer baja biodegradabilidad generan gran cantidad de residuos que permanecen durante mucho tiempo en el ambiente y, así mismo, altos grados de contaminación. Otro problema que se genera, según los estudios de la Organización Mundial de la Salud y la Sociedad Americana del Cáncer, indican que algunos de los componentes utilizados en la fabricación de bolsas plásticas son cancerígenos.

Por ejemplo, el bisfenol-A es una sustancia presente en envases plásticos, y avalado para utilizarse en contacto con alimentos. Científicos de la UNL (Universidad Nacional del Litoral) de Argentina, encontraron que produce alteraciones en ratones de laboratorio. Este bisfenol-A actúa como un perturbador endócrino y podría generar tumores en mamas y otras glándulas como la hipófisis.

Para nadie es un secreto que los plásticos se desechan a la misma velocidad con que se demandan; esto es una situación crucial en el ámbito mundial. En Europa se entierran varios millones de toneladas de plástico al año. Al día de hoy, han tenido que acomodar más de 100 millones de toneladas de desechos de plástico.

La empresa francesa de consultoría e investigación en la industria plástica, Pardos Marketing, realizó una investigación sobre los desechos plásticos, llegando a las siguientes cifras: el consumo de plástico se ha acrecentado desde 1960, cuando era

de 7 millones de toneladas, llegando a los 196 millones de toneladas para el 2005. Se espera que para el 2015, esta cifra sea de 365 millones de toneladas por año, con una tasa de crecimiento del 6 por ciento anual. Que aunque es menor que la encontrada en un primer período, no deja de ser una cifra preocupante.

China e India tienen un impacto mayor respecto a los desechos. Debido al problema que se está generando, algunos países prohibieron el uso de bolsas delgadas de plástico en los supermercados y de contenedores plásticos para comidas rápidas.

Se hacen estas prohibiciones debido al costo ambiental que tiene el usar y desechar las bolsas plásticas, porque cientos de bolsas no solo se acumulan en el planeta restringiendo el crecimiento de la flora y la fauna, sino también en afluentes de agua, y finalmente en el mar —como se comentó anteriormente—, causando la muerte a miles de aves, peces, tortugas y mamíferos marinos al ingerirlas o enredarse en ellas.

En Estados Unidos, el consejo de San Francisco aprobó en el 2007 la prohibición de la entrega gratuita de bolsas plásticas en tiendas grandes y farmacias. Otras ciudades como Palo Alto, Fairfax y Malibú siguieron el ejemplo.

En Dinamarca este sistema de ponerle un impuesto a la bolsa ya se utiliza desde 1994 y al parecer ha disminuido mucho la utilización del plástico.

En Taiwán existe una prohibición desde octubre de 2001 para las bolsas de plástico de un solo uso en agencias gubernamentales, escuelas e instalaciones militares. En el 2003 la prohibición se extendió a los supermercados y tiendas.

En Bangladesh se prohibieron en el 2002, luego de haber descubierto que fueron las principales culpables de imposibilitar el desagüe en las terribles inundaciones de 1988 y 1998.

En México, la Ley de Residuos Sólidos del Distrito Federal de 2003 en la reforma hecha el 18 de agosto de 2009, sanciona con arresto de 36 horas para quienes regalen bolsas plásticas y multas entre 574.000 y 1.142.200 pesos mexicanos.

En China, la prohibición del uso de bolsas plásticas ha resultado en un ahorro de cinco millones de toneladas de petróleo al año.

En Chile se prohíbe la importación, distribución y venta de bolsas plásticas como medio de empaque de mercaderías en los establecimientos comerciales de todo el país.

Varios países se han unido a este proceso de eliminar la contaminación de bolsas plásticas, incluyendo España, Holanda, Francia, Alemania, Reino Unido, Colombia, India, Irlanda y Tanzania, promulgando legislación para alcanzar este objetivo a corto plazo.

En Argentina, el Senado bonaerense convirtió en el 2008 en ley (ley 13.868) el proyecto del poder ejecutivo que prohíbe la utilización y entrega de bolsas plásticas en los comercios de la provincia. Los centros de ventas y las fábricas tendrán un plazo de uno a dos años para actualizar las tecnologías de producción, y elaborar bolsas de papel o de plástico biodegradable. La Cámara alta aprobó el proyecto de ley pedido por el gobernador Scioli, que tenía media sanción de diputados. El material plástico y polietileno para el uso de bolsas dejará de utilizarse en supermercados, autoservicios, almacenes y comercios en general, para el transporte de productos o mercaderías. Los fabricantes deberán registrar las nuevas tecnologías en materia de producción de bolsas biodegradables y los comercios tuvieron hasta 24 meses de plazo para reemplazar su sistema.

Una opción para reducir los impactos que perjudican el ambiente es el reciclaje, pero no siempre esto puede hacerse,

porque muchas veces estos materiales se encuentran contaminados, en especial si se trata de empaques en los que se han contenido alimentos, tintas o productos químicos, cuya limpieza resulta un poco costosa; también, porque aunque el plástico se haya enterrado en vertederos o rellenos sanitarios, puede resurgir y es una amenaza real para el medioambiente, ensuciando las calles, carreteras, mares, ríos, océanos y perjudicando la vida animal; por ejemplo, los delfines son los más afectados por los residuos plásticos arrojados al mar. Cada vez es más frecuente verles agonizando en la playa, atragantados con una bolsa; además, otras 33 especies submarinas están amenazadas.

La tercera parte de las aves marinas ingiere plásticos de manera selectiva, según el color. Muchas mueren ahogadas.

El 80 por ciento procede de tierra firme y el resto fue tirado desde los barcos. El mar más contaminado en plásticos sumergidos es el Mediterráneo, entre las costas de España, Francia e Italia, y el Pacífico norte concentra la mayor cantidad de plásticos flotantes del planeta.

En 1997, el oceanógrafo norteamericano Charles Moore descubrió por casualidad una “sopa” preparada con botellas de agua y bebidas gaseosas, cepillos de dientes, bolsas, jeringas y productos plásticos de todo tipo. Después de registrar la mancha, que cubre una extensión de 500 millas, Moore declaró a la prensa mundial que el océano Pacífico es el mayor vertedero de basura del mundo.

2. PROPUESTAS DE USO ADECUADO DE DESECHOS DE PLÁSTICO

Lo importante no es llegar a atacar a aquellas industrias que fabrican productos plásticos, sino proponerles alternativas

que reduzcan, por un lado, el impacto ambiental, y por otro, el de elaborar elementos plásticos a partir de compuestos que se degraden.

Es verdad que se han desarrollado plásticos solubles en agua o que se degradan bajo la acción de la luz, pero la degradación no es total. Estos plásticos dejan en el ambiente sustancias que los microorganismos del suelo no pueden desintegrar.

Diversos grupos de científicos, tanto de centros de investigación públicos como de empresas privadas, han dirigido sus esfuerzos para encontrar en la naturaleza una solución al problema de la biodegradación total del plástico.

En algunos países se ha intentado proponer otras alternativas para suplir las necesidades de consumo de materiales plásticos; una de estas alternativas es la elaboración de recipientes, bolsas, platos, vasos, cubiertos plásticos, entre otros artículos, a partir de materiales biodegradables. Para ello, es el caso de los almidones, que pueden extraerse de las semillas, raíces, tubérculos o frutos, gracias a que ellos constituyen polímeros naturales que al provenir de organismos vivos se pueden descomponer mucho más rápido.

Por ejemplo, Symphony Environmental ha perfeccionado el uso de una tecnología llamada d_2w^{TM} . Esta tecnología se diseñó para que los plásticos flexibles se degraden completamente de manera segura y en períodos ajustables (60 días, 2 años, 5 años o hasta 6 años, como máximo) dependiendo de los requerimientos del producto, dejando, después de la degradación, agua, dióxido de carbono y biomasa. Esta tecnología es particularmente efectiva para deshacerse de empaques usados, como bolsas de supermercado, bolsas para el pan o bolsas para la basura, platos y cubiertos plásticos.

Esa tecnología se ha utilizado y probado de forma generalizada y es segura en el suelo y para contacto directo con los alimentos. Lo más importante es que todas las propiedades del plástico permanecen inalteradas durante su vida útil —incluye propiedades de solidez, claridad, impresión y barrera. No requiere ningún proceso de producción especial y no tiene efecto en la maquinaria de producción—.

También, se han realizado investigaciones dirigidas a la creación de envases alimentarios con material orgánico, ideal para reemplazar las películas envoltorias de derivados del petróleo. Es el caso de Chile, en donde el Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos de la Universidad Austral ha desarrollado una película envoltoria antimicrobiana a base de proteína de suero lácteo.

En las investigaciones se encontró que el concentrado de proteína de suero lácteo (CPS) posee propiedades funcionales apropiadas para la elaboración de películas biopreservantes, siendo factible la incorporación de bacterias ácido-lácticas (BAL) productoras de sustancias tipo bacteriocina (STB) y así lograr un efecto controlador sobre la *Listeria monocytogenes* al ser utilizada como cobertura sobre salmón ahumado.

La empresa agrícola Cargill y la química Dow Chemical, ambas estadounidenses, descubrieron que ciertas bacterias transforman, por fermentación, el azúcar del maíz en ácido láctico. Por medio de otro proceso químico, las moléculas de ácido láctico se reúnen en cadenas para formar un biopolímero (ácido poliláctico, o PLA) de propiedades semejantes a las del plástico, que se usa para hacer botellas de refresco y fibras textiles, pero además biodegradable.

Otro método que se utiliza para obtener plásticos que sean biodegradables, es a partir de la ingeniería genética, con lo cual

se pretende utilizar las plantas como productoras de plásticos más flexibles. La compañía Monsanto intentó utilizar un plástico más flexible empleando el maíz. El polímero elaborado por el maíz permite obtener plástico de mejor calidad, que podría usarse en la elaboración de utensilios como envases, platos, vasos y otros productos.

La filial del Grupo Sphere en España, primer productor europeo y cuarto mundial en la fabricación de bolsas de plástico, fabrica desde el 2005 estas bolsas biodegradables, compostables, reciclables y reutilizables, utilizando la fécula de almidón de patata como uno de sus componentes.

Esta empresa, especializada en la fabricación de bolsas para supermercados y grandes superficies, así como bolsas de basura, ha producido entre 70 y 80 toneladas de bioplástico en los seis primeros meses de utilización de este sistema de fabricación.

Ahora, en México, el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (Cinvestav) descubrió que del almidón de maíz se puede obtener un polímero natural para elaborar material plastificado biodegradable, con el que se puede fabricar objetos de uso cotidiano como vasos, bolsas, platos y hasta pañales.

“El almidón de maíz es un polímero natural, que puede ser plastificado, biodegradable, y está disponible todo el año, es de bajo costo y accesible en grandes volúmenes, pues se cosecha en varios estados del país”, afirma el doctor Fernando Martínez Bustos, líder de la investigación: los grandes problemas ecológicos, sociales y de salud que generan los residuos de diversos productos de origen plástico.

En Perú, un equipo de científicos de la Pontificia Universidad Católica logró elaborar plásticos biodegradables a base de

papa, que al ser biodegradable puede ser una alternativa para mitigar los efectos de la contaminación y dar un valor agregado a los productos agrícolas de este país sudamericano.

El producto, elaborado a base de almidón de papa y otros tubérculos como la yuca o el camote, “es biodegradable y, además, es biocompostable”², ha asegurado el coordinador general del proyecto de la Pontificia Universidad Católica del Perú (PUCP), Fernando Torres.

3. SOLUCIONES EN COLOMBIA

En Colombia, la Universidad de Antioquia y la Universidad EAFIT (Escuela de Administración, Finanzas y Tecnología) de Medellín, han adelantado estudios en donde proponen la elaboración de este tipo de materiales a partir del almidón de yuca, mediante los procesos adecuados y las pruebas necesarias para determinar las propiedades de estos nuevos materiales para reemplazarlos por los plásticos sintéticos, que de alguna manera representan una nueva esperanza para prolongar la vida de nuestro planeta.

Los materiales elaborados a partir de plásticos oxidegradables serían en Colombia una de las soluciones más rentables para el medioambiente, ya que estos plásticos son consumidos por bacterias y hongos al encontrarse en un ambiente activo biológicamente, sobre todo si están enterrados en el suelo. Según lo investigado, el proceso continúa hasta que se haya biodegradado, convirtiéndose en CO₂, agua y humus. Estos

² Biodegradable y biocompostable: producto que se descompone, a la vez se convierte en abono.

materiales poseerían la misma capacidad de resistencia, flexibilidad, impermeabilidad y posibilidad de impresión y, sobre todo, el uso para estar en contacto con alimentos.

Mientras tanto, podemos llegar a establecer estrategias en el país para invitar a las personas a utilizar otros materiales en reemplazo de los plásticos o que en lo posible minimicen su uso:

- Cuando vaya a mercar, reemplace las bolsas plásticas por bolsas de tela o material reutilizable.
- Prefiera prendas de vestir con fibras naturales.
- Si sale a comer, prefiera establecimientos donde se utilice vajilla en lugar de desechables de plástico.
- Prefiera los productos empacados en mayores cantidades en lugar de aquellos empacados individualmente.
- Si desea hacer un regalo, seleccione elementos que posean la menor cantidad de plástico.
- Y dentro de lo más importante, separe todos los empaques, bolsas plásticas, platos, cucharas y elementos plásticos que va a desechar y envíelos a reciclar en los lugares adecuados para este propósito.

Por último, se invita a los centros de investigación, a los centros educativos universitarios, a las empresas particulares y el acompañamiento de las instituciones del Estado, para que sean los encargados inicialmente de realizar campañas constantes de sensibilización y concientización sobre el manejo de los plásticos y sus derivados.

Por otra parte, consolidar trabajos de investigación acerca del uso de tecnologías limpias en todos los procesos industriales y el manejo de desechos y el poder realizar investigaciones que ayuden a obtener nuevos productos oxibiodegradables a partir de productos naturales (en eso Colombia puede llegar

a ser líder). No olvidar hacer todo esto, con la ayuda de los semilleros de investigación de las universidades, que han hecho aportes significativos en la investigación científica del país.

BIBLIOGRAFÍA

- AUPEC: “Con almidón de yuca se hace plástico para bioempaques”, Universidad del Valle, en línea 30-08-2010. Disponible en <http://aupec.univalle.edu.co/informes/2006/enero/bioempaques.html>
- BERGANZA, J. y otros: “Problemática y posibilidades de aprovechamiento de los subproductos generados en la industria alimentaria en la CEE”, en *Alimentación, equipos y tecnología*, Madrid, Alción, vol. XXII, núm. 175, págs. 91-94.
- Centro Nacional de Producción más Limpia y Tecnologías Ambientales: “Casos de aplicación de producción más limpia en Colombia”. Medellín.
- Ficha de proyectos 04: “Aplicación de tecnologías de membranas de recuperación de aguas de lavado” (Fábrica de Licores de Antioquia), en línea 10-09-2010. Disponible en <http://www.cnpml.org/html/archivos/FactSheets/FactSheets-ID21.pdf>
- DICYT: “Plástico biodegradable hecho a base de almidón de maíz”, en línea 02-09-2010. Disponible en <http://www.dicyt.com/noticias/plastico-biodegradable-hecho-a-base-de-almidon-de-maiz#items5>
- ECOLIFE: “Inundados de plástico”, en línea 22-08-2010. Disponible en http://www.ecolife.com.co/index.php?option=com_content&view=article&id=234:inundados-de-plastico&catid=82:salud&Itemid=140
- NORIEGA, M. J.: “Gestión de los residuos industriales agroalimentarios”, en *Alimentación, equipos y tecnología*, Madrid, Alción, vol. XIX, núm. 4, pág. 143.
- WORLPLAS: “Nuevo producto bolsas oxibiodegradables”, en línea 25-08-2010. Disponible en http://www.worldplas.com.ar/Bolsas_Oxi_Biodegradables.html

CAPÍTULO V

LA INFLUENCIA DEL LIDERAZGO DE LOS SUPERVISORES SOBRE LA PRODUCTIVIDAD DE LOS TRABAJADORES EN UNA INDUSTRIA DE ENSAMBLE DE PARTES*

RAMÓN MARÍA CUBAQUE MENDOZA**

INTRODUCCIÓN

El grupo de investigación (OCA) de la Corporación se ha propuesto como objetivo realizar un diseño de investigación cuasiexperimental unifactorial de efectos fijos; planteando y resolviendo el contraste sobre la igualdad de tratamientos, y, en su caso, las comparaciones múltiples de modo que se obtengan conclusiones sobre el experimento planteado. Y, a su vez, apli-

* Artículo del grupo de investigación: Operaciones, Calidad y Administración, dependiente del Centro de Investigaciones y de la Facultad de Ingeniería de la Corporación Universitaria Republicana. El proyecto está financiado por la Corporación Universitaria Republicana, registrado y avalado por Colciencias.

** Decano de la Facultad de Ingeniería de la Corporación Universitaria Republicana. Artículo realizado con la colaboración de los auxiliares de investigación Claudia Milena Acosta Guerrero, Andrés Camilo Araújo Ortega y Raúl Ernesto Navarrete López.

car del ciclo PHVA al proceso de investigación aplicada, tomando estadísticos muestrales y análisis de varianza.

Simulando una industria de ensamble de partes de un yate, se analizó cómo influye el tipo de liderazgo del supervisor en la productividad de los operarios que forman parte del proceso. En primera instancia, se definió el procedimiento de ensamble más adecuado y, en seguida, se procedió a ejecutar el ensamble bajo el procedimiento definido y autorizado previamente sin ninguna influencia de supervisor (como proceso de control) y se realizó la toma de tiempos de ensamble bajo esta condición; luego con un tipo de supervisor autocrático y su toma de tiempos respectivos, seguidamente con supervisor democrático y toma de tiempos y, finalmente, con supervisor *laissez-faire* y su toma de tiempos.

A partir de los datos obtenidos se realizó una prueba de hipótesis para confirmar que el tipo de liderazgo de los supervisores no influye en la productividad de los operarios; de ser rechazada la hipótesis nula se analizó cuál es el tipo de supervisión que presenta el efecto más factible para una mejor productividad en el ensamble del yate.

1. PROCESO DE PRODUCCIÓN

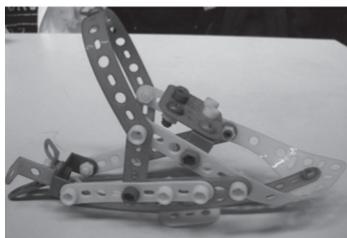


Imagen 1. Vista lateral del yate.

Método elegido

Imagen 2. Distribución en planta.

Para el ensamble del yate utilizamos las siguientes partes:

1. Proa: adelante (violín)
2. Popa: atrás (violín)
3. Babor (lado izquierdo)
4. Estribor (lado derecho)
5. Amura: estribor
6. Amura: babor
7. Línea de crujía: en la mitad
8. Hélice
9. Centro de mando
10. Mástil
11. Base
12. 23 tuercas
13. 23 tornillos

1. Inicialmente se procede al ensamble del yate sin supervisor estando anteriormente ya establecido el proceso de producción, se toman y registran tiempos en la tabla 1. Luego se inicia el proceso bajo supervisión autocrática, se toman y registran tiempos; después se procede al ensamble del yate bajo supervisión democrática, se toman y registran tiempos; finalmente se realiza el proceso de producción con supervisión *laissez-faire*, se toman y registran tiempos. En la tabla 2 se presenta desviación respecto a la media, a los tratamientos y desviación residual dentro del tratamiento.

a) *Variable dependiente*: el tiempo que tardan los operarios, en segundos, en realizar el ensamble del yate;

b) *Unidades experimentales*: los operarios que realizan el ensamble del yate;

c) *Factor de estudio*: el factor que se estudia es el tipo de liderazgo que ejercen los supervisores: democrático, autocrático, *laissez-faire* y sin supervisor (los cuatro tratamientos);

d) *Modelo matemático asociado*:

$$i. Y_{ij} = \mu + Y_i + e_{ij} \begin{cases} i = 1,2,3,4 \\ j = 1,2,3,4,5 \end{cases}$$

$$ii. H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$$

	Tiempo en segundos					Totales (y_i)	Media \bar{y}_i	Media global \bar{y}
	354	325	251	199	199			
X_1 : sin supervisor	354	325	251	199	199	1.303	206,6	157,9
X_2 : supervisión con función democrática	181	155	153	145	145	776	155,2	
X_3 : supervisión con función autocrática	119	117	114	113	113	574	114,8	
X_4 : supervisión con función <i>laissez-faire</i>	170	163	150	152	152	775	155	

Tabla 1.

Tabla ANOVA con registro de tiempos que tardan operarios en realizar el ensamble.

	Desviación respecto a la media $y_i - \bar{y}$	Desviación tratamientos $\bar{y}_i - \bar{y}$	Desviación residual dentro del tratamiento $y_i - \bar{y}_i$
X_1 : Sin supervisor	1196.11 1167.11 93.11 41.11 116.11	148.71	1147.41 118.41 44.41 -7.61 -32.61
X_2 : Supervisión con rol autocrático	123.11 -2.91 -4.91 -12.91 -15.91	1-2.71	125.81 -0.21 -2.21 -10.21 -13.21
X_3 : supervisión con rol democrático	1-38.91 -40.91 -43.91 -44.91 -46.91	1-13.11	14.21 2.21 -0.81 -1.81 -3.81
X_4 : supervisión con rol <i>laissez-faire</i>	112.11 5.11 -7.91 -5.91 -17.91	1-2.91	1151 81 -51 -31 -151

Tabla 2. Desviaciones.

Suma de cuadrados:

$$a) \quad SCT = \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^5 y_{ij}^2 - \frac{1}{20} \left(\sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^5 y_{ij} \right)^2$$

$$SCT = (354^2 + 325^2 + \dots + 152^2 + 140^2) - 1/20 (354 + 325 + \dots + 152 + 140)^2$$

$$SCT = 671812 - 587559,2$$

$$SCT = 84252,8$$

$$b) \quad SCTr = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^4 y_{ij}^2 - \frac{1}{20} \left(\sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^5 y_{ij} \right)^2$$

$$SCTr = 1/5 (1303^2 + 776^2 + 574^2 + 775^2) - 1/20 (354 + 325 + \dots + 152 + 140)^2$$

$$SCTr = 646017,2 - 587559,2$$

$$SCTr = 58458$$

$$SCE = SCT - SCTr$$

$$SCE = 84252,8 - 58458$$

$$SCE = 25794,8$$

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F
Tratamientos	a-1 = 3	58458	19486	12,086
Error	N-a = 16	25794,8	1612,175	
Total	N-1 = 19	84252,8		

Basándonos en el valor del estadístico:

$$F_{\alpha} (a-1; N-a) =$$

$$F_{0,05} (3, 16) = 3,24$$

La hipótesis nula se acepta si $F < 3,24$ nos dice el modelo estadístico; por tanto, para este experimento la hipótesis nula se rechaza, pues el análisis de varianza genera un $F = 12,086$.

2. APLICACIÓN DEL MÉTODO DUNCAN

El contraste principal de la igualdad de tiempos medios sale significativo, por lo que claramente el tiempo medio en realizar el ensamble del yate se ve afectado por el tipo de liderazgo que ejercen los supervisores.

a) Medias de cada grupo ordenadas de mayor a menor:

$$\bar{y}_1 = 206,6 < \bar{y}_2 = 155,2 < \bar{y}_4 = 155 < \bar{y}_3 = 114,8$$

b) Valor de referencia de Duncan. Este valor es función del número de posiciones, s , que separan las dos medias que se van a comparar.

s	2	3	4
$r_s, 16, 0,01$	4,13	4,34	4,45
$D_{s, 0,01} = r_{s, 16, 0,01} \sqrt{\hat{\sigma}^2/n} = \sqrt{1612,175/5} = r_{s, 16, 0,01} = 17,956$	74,158	77,929	79,904

c) Se concluye que existen diferencias entre dos medias si el valor absoluto de su diferencia es mayor que el valor de referencia dado por Duncan, por tanto se demuestra lo significativo en el siguiente cuadro.

s	$D_{s, 0.01}$	(i, j)	$ \hat{Y}_i - \hat{Y}_j $	Conclusión
4	79,904	(1,3)	91,8	Significativo
3	77,929	(2,3)	40,4	No significativo
		(4,1)	-51,6	No significativo
2	74,158	(1,2)	51,4	No significativo
		(2,4)	0,2	No significativo
		(4,3)	40,2	No significativo

$$\hat{Y}_2 < \hat{Y}_3 < \hat{Y}_4 < \hat{Y}_1 < \hat{Y}_1 < \hat{Y}_1 < \hat{Y}_2 < \hat{Y}_2 < \hat{Y}_2 < \hat{Y}_4 < \hat{Y}_4 < \hat{Y}_4 < \hat{Y}_3$$

3. CONCLUSIÓN FINAL

No se detectan diferencias entre los tiempos medios de los operarios que ensamblaron el yate con supervisor autocrático y supervisor con función *laissez-faire*; podría decirse que el tipo de liderazgo que manejan estos supervisores no modifica significativamente el tiempo de ensamble del yate. Sin embargo, sí afecta el tiempo de ensamble, sin supervisor y con supervisor democrático, disminuyendo significativamente en los tiempos medios de ensamble bajo una supervisión democrática.

BIBLIOGRAFÍA

- FERNÁNDEZ GARCÍA, R.: *Metodología de la investigación*, México, Edit. Trillas, 1977.
- GUTIÉRREZ, H. y DE LA VARA, R.: *Análisis y diseño de experimentos*, México, McGraw-Hill, 2004.
- HERNÁNDEZ SAMPIERI, R.: *Fundamentos de metodología de investigación*, México, McGraw-Hill, 2007.
- MONTGOMERY, D. C.: *Diseño y análisis de experimentos*, 2ª ed., Bogotá, Limusa Wiley, 1991.
- VICENTE, M. L.; GIRÓN, P.; NIETO, C. y PÉREZ, T.: *Diseño de experimentos*, México, Pearson, 2005.

Infografía

<http://es.wikipedia.org/wiki/Buque>

<http://es.wikipedia.org/wiki/Babor>

http://perso.wanadoo.es/aniorte_nic/apunt_metod_investigac4_4.htm

<http://www.ocwupr.org:8080/ocw/ingenieria/disen-de-experimentos/lectures-1/manual-completo>

<http://www.gestiopolis.com/canales/gerencial/articulos/no%2010/tiemposmovimientos.htm>

ESTE LIBRO SE TERMINÓ DE IMPRIMIR EN LOS TALLERES
DE EDITORIAL NOMOS, EL DÍA DOCE DE OCTUBRE DE DOS
MIL DOCE, ANIVERSARIO DEL NACIMIENTO DE ERNST
LANDSBERG (n. 12, X, 1860 y m. 29, IX, 1927).

LABORE ET CONSTANTIA