

# ROBÓTICA COLABORATIVA: UNA PROSPECTIVA SOBRE LA TRANSFORMACIÓN DE LAS ACTIVIDADES HUMANAS

Vargas-Yara, G. , Jorge A. Calderón 

SENA Centro Metalmecánico - Regional Distrito Capital -I Grupo GICEMET  
gvargas@sena.edu.co

**Resumen**—Esta es una exploración bibliométrica que da a conocer la relevancia de la robótica colaborativa en los procesos industriales. Abarca la conexión entre desarrollos afines como la háptica y señala las posibles tendencias tecnológicas que pueden darse al tener en consideración que la interacción humano-máquina presenta un paradigma que evoluciona con el tiempo. Adicionalmente, tiene la intención de servir a otros investigadores como un documento que les permita generar un plan de acción acorde a los cambios planteados por la transformación de las ocupaciones humanas dictada por la cuarta revolución industrial (Industria 4.0), teniendo en cuenta una gran variedad de producción científica comparada y clasificada en este trabajo. Esto con el fin de dar un punto de apoyo a la comprensión de la inmersión en la centralización de las actividades industriales y económicas en el ser humano, junto con su trabajo cooperativo y sinérgico con las máquinas.

**Palabras Clave:** Robótica, Robótica Colaborativa, Mapas Bibliométricos, Interacción Humano-Robot, Cobots.

## I. INTRODUCCIÓN

A escala industrial los desarrollos robóticos han permitido la automatización de procesos que requieren la operación y conversión de materias primas en grandes volúmenes y cantidades de productos y servicios. Sin embargo, las constantes exigencias sobre la transformación de los procesos de manufactura dadas por la revolución industrial de cuarta generación (*Industria 4.0*) han establecido en la concepción de *las fábricas inteligentes* la semilla de la cual surgirán las nuevas formas de concebir las actividades económicas, que desencadenarán los fenómenos sociales que caracterizan una revolución industrial [1].

En este sentido, conformar una cooperación entre las máquinas y el ser humano resulta ser crucial para la mejora de los procesos de manufactura, ya que, representan un nuevo paradigma en el establecimiento de la ejecución y realización de las tareas dentro de las denominadas fábricas inteligentes [1]. En el caso de la robótica tradicional, los robots se encuentran en sitios aislados y controlados con altos estándares tecnológicos que vigilan la actividad independiente de los robots respecto a la inspección y supervisión del operario. En la esencia de las fábricas inteligentes se requiere que tanto humanos como robots sean capaces de cooperar entre sí al llevar a cabo una tarea en común y se tiene como proyección instaurar una interacción novedosa a partir de la reproducción del sentido del tacto, permitiendo una transferencia de conocimiento más detallada que no sature

los canales convencionales de comunicación con los robots como el oído y la vista [1], [2].

No obstante, las transformaciones industriales siempre han sido fuente de cierta resistencia a los cambios por parte de la sociedad, provocando la extinción de algunas ocupaciones y la aparición de nuevas actividades laborales. De igual manera, los efectos de la inteligencia artificial y la robótica en el mercado laboral han representado una preocupación social constante. Los expertos en tecnología y economistas se han estado cuestionando la rapidez y en qué medida los desarrollos tecnológicos podrían comenzar a reemplazar al ser humano en las ocupaciones y qué tipo de acciones se deben tomar para mitigar el desempleo que resultaría. Por tanto, tener presente qué grado de automatización tienen las ocupaciones permite tomar acciones que puedan orientar a los trabajadores sobre lo que se debe hacer para migrar a oficios que tengan un menor riesgo de automatización [3].

Aquí se presenta una exploración de los documentos relativos a la robótica colaborativa, junto con un análisis bibliométrico a partir de la consulta en bases de datos y la elaboración de mapas bibliométricos que presentan las temáticas emergentes y la relevancia sobre tópicos como, inteligencia artificial, háptica y sistemas humano-máquina, entre otros.

## II. ANÁLISIS DE MAPAS BIBLIOMÉTRICOS

A partir de la consulta de información de artículos científicos en la base de datos bibliográfica Scopus, se hizo un ejercicio de vigilancia tecnológica para identificar temáticas asociadas, así como, nuevos desarrollos en torno a los temas de robótica colaborativa e interacción humano-robot. En este sentido, se observa que las investigaciones en torno a dichas áreas son prácticamente nulas antes del año 2000 y registra escasas publicaciones en los primeros años del siglo XXI; en los años siguientes se presenta un mayor interés con un moderado incremento en la segunda década y un incremento sustancial a partir de 2018 hasta llegar a 235 publicaciones en 2021, evidenciando el creciente interés por estas tecnologías.

En efecto, en la Fig. 1 se observa que la producción académica en torno a la temática objeto de análisis empieza a registrarse en 1998, con un moderado crecimiento en la primera década del siglo XXI y un significativo incremento

sustancial a partir de 2018 hasta llegar a 235 publicaciones en 2021, evidenciando el creciente interés por estas tecnologías.

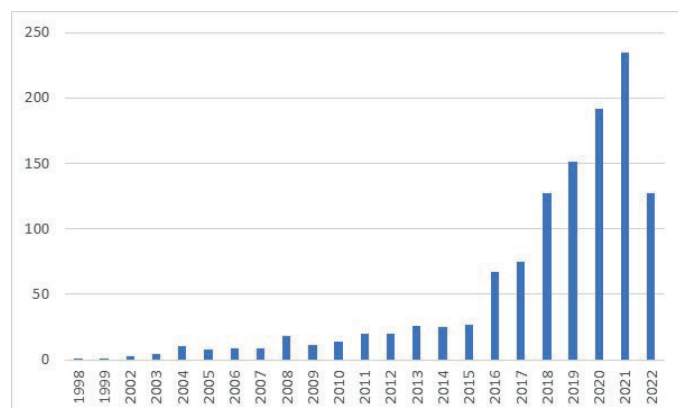


Fig. 1. Publicaciones científicas asociadas a robótica colaborativa e interacción humano – robot 1998-2022. Fuente: Scopus - Cálculos propios.

En efecto, en la Fig. 1 se observa que la producción académica en torno a la temática objeto de análisis empieza a registrarse en 1998, con un moderado crecimiento en la primera década del siglo XXI y un significativo incremento a partir de 2016.

De esta manera, según la afiliación de los autores de las publicaciones, las instituciones más representativas son Politécnico de Milano (Italia) Centro Nacional de investigación (Francia), Consejo Nacional de Investigación (Italia), Instituto Italiano de Tecnología (Italia) e Instituto Real de Tecnología (Suecia) entre otros. Respecto al país o territorio de las publicaciones, el mayor número se realizó en Estado Unidos (288), Italia (190), Alemania (151), China (89), Francia (87), Reino Unido (87) y España (51) como puede observarse en la Fig. 2.

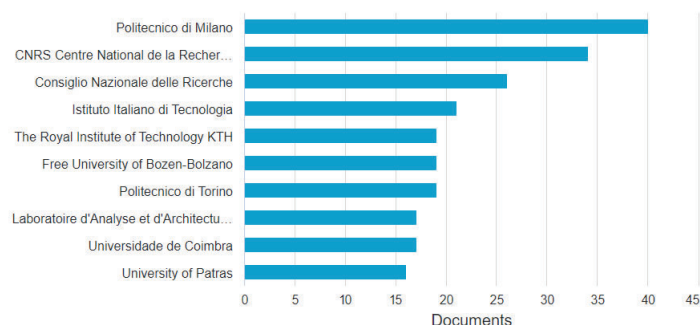


Fig. 2. Publicaciones por afiliación asociadas a robótica colaborativa e interacción humano – robot 1998-2022. Fuente: Scopus

Adicionalmente, es posible destacar las áreas de conocimiento que pueden ser impactadas por los desarrollos presentes en la exploración de la interacción humano-Robot y particularmente, en robótica colaborativa como se ilustra en la Fig. 3

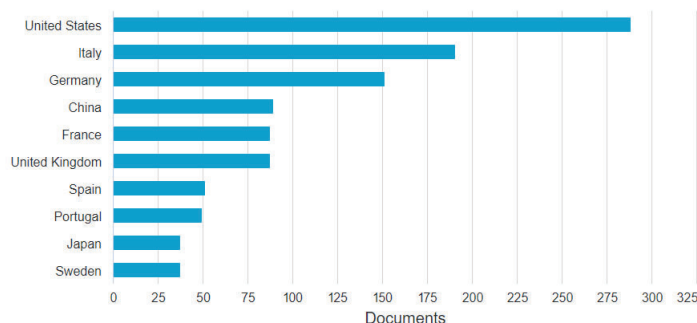


Fig. 3. Publicaciones por país o territorio asociadas a robótica colaborativa e interacción humano – robot 1998-2022. Fuente: Scopus

Respecto a áreas de conocimiento, se encuentra que a pesar de que las publicaciones se concentran en ciencias de la computación e ingeniería, hay otros desarrollos tales como matemáticas, ciencias sociales, física y astronomía, ciencias de materiales, medicina, bioquímica, genética y biología molecular, entre otros.

Se llevó a cabo un análisis a partir de la representación gráfica de mapas bibliométricos, el cual parte de la correlación de palabras clave de las publicaciones objeto de estudio, procesadas en el programa informático VOSviewer [4], el cual cuenta con funciones gráficas de acercamiento, desplazamiento y búsqueda que facilitan el examen detallado de los mapas. A partir de este procesamiento, se observa que hay temáticas que podrían considerarse emergentes, teniendo en cuenta que el mayor número de publicaciones se da en los últimos siete años, como se observa en el mapa construido a partir de redes de datos (Fig. 4).

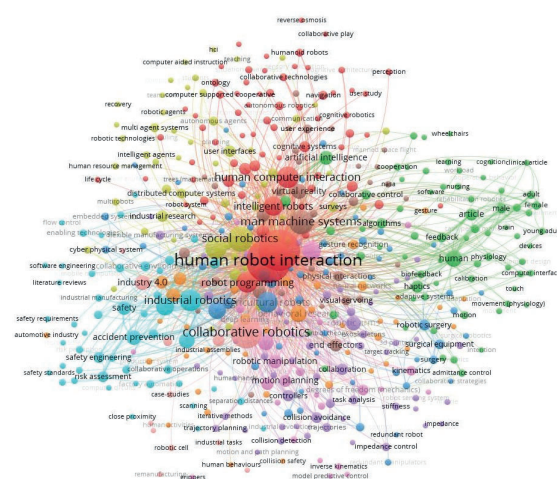
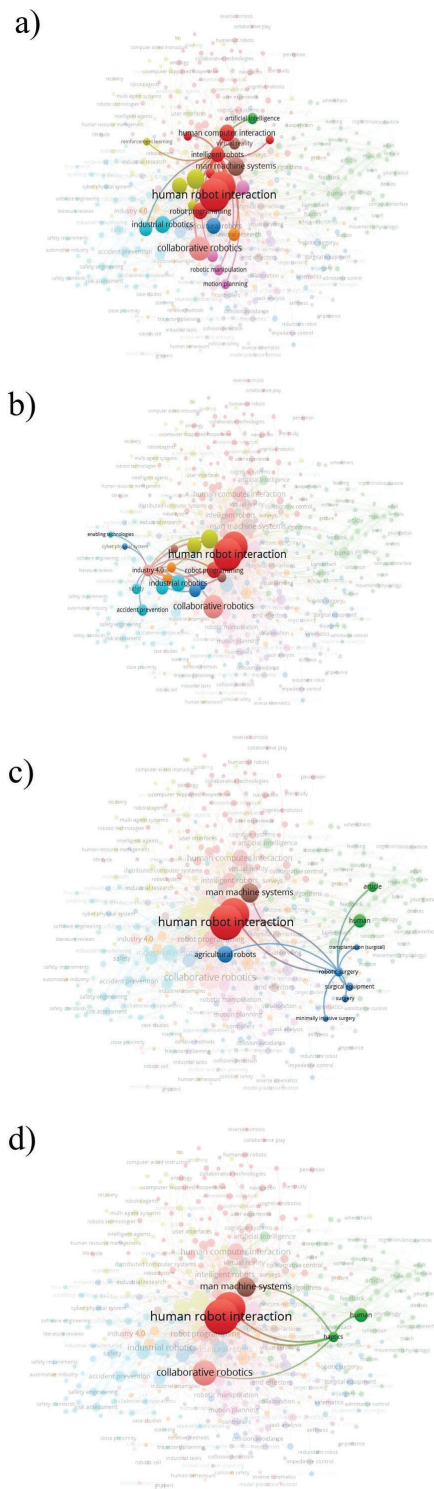


Fig. 4. Análisis de redes en publicaciones asociadas a robótica colaborativa e interacción humano – robot 1998-2022. Fuente: Scopus usando software VOSviewer.

A partir del mapa general se pueden identificar otras redes con correlaciones más cercanas, que en el presente documen-

A partir del mapa general se pueden identificar otras redes con correlaciones más cercanas, que en el presente documento son definidas como clústeres, los más representativos se muestran en el Fig. 5.



**Fig. 5.** Análisis de correlación de palabras clave asociadas a robótica colaborativa e interacción humano – robot 1998-2022. Fuente: Scopus usando software VOSviewer.

En la Fig. 5a) se encuentran tópicos asociados tales como inteligencia artificial, realidad virtual, robótica industrial, programación robótica, robótica social y movimiento. En la Fig. 5b) se relacionan temas de industria 4.0, prevención de accidentes y tecnologías habilitantes, entre otros. Además, en la Fig. 5c) se observan términos tales como cirugía robótica, cirugía de trasplante, cirugía mínimamente invasiva y agricultura robótica, particularmente. Por último, en la Fig. 5d) contiene temas tales como háptica, ser humano y sistemas hombre – máquina.

Se observa que, para el caso de los dos primeros clústeres, en su mayoría son temas que se han desarrollado en las últimas décadas, sin embargo, los últimos dos grupos son de desarrollo más reciente por lo que podrían considerarse tecnologías emergentes. Tal es el caso del tema háptica, con perspectiva de mayores desarrollos, toda vez que la mayor concentración de publicaciones asociadas se da en los años 2020, 2021 y 2022.

### III. ALGUNAS REFLEXIONES SOBRE DESARROLLOS ASOCIADOS

Generalmente el término háptica hace relación al estudio del tacto, en aspectos tales como su comportamiento y sensaciones, así como la información que transmite y recibe al ser humano y a su entorno; dicha comunicación puede enviar una amplia variedad de intenciones de dirección, velocidad, así como emociones o estados psicológicos. En el contexto de la interacción humano – robot se observa una tendencia a combinar la inteligencia y adaptabilidad de los humanos con la precisión y potencial confiabilidad de los robots [6].

En la Fig. 5a) y Fig. 5b) se observa que los campos de aplicación alrededor de esta temática presentan un importante número de trabajos en torno a aplicaciones robóticas para la industria [7]–[17] así como en medicina, salud y apoyo a actividades humanas [18]–[22].

Por otra parte, en la Fig. 5c) y Fig. 5d), un segundo grupo de publicaciones se concentra en la realización de pruebas, creación de dispositivos físicos o virtuales, diseño de metodologías y procesos que mejoren la interacción humano – robot en cuanto a precisión, efectividad o seguridad, entre otros aspectos. Una de las preocupaciones fundamentales de los estudios está relacionada con la comunicación del operador (humano) hacia el robot, la forma en que éste interpreta las intenciones o instrucciones, así como la forma en que se retroalimentan mutuamente para la efectividad de las acciones [7], [23]–[44].

Finalmente, en consideración del comportamiento reciente en el número de publicaciones en torno al término háptica en la robótica colaborativa, la variedad y potencial de aplicaciones, así como las diversas formas de análisis de las investigaciones, se considera un campo promisorio de estudio.



#### IV. CONCLUSIONES

A partir del análisis de los mapas bibliométricos y del ejercicio de vigilancia tecnológica fue posible identificar un incremento en el interés científico y tecnológico sobre la exploración de la robótica colaborativa y la interacción humano-robot en los métodos que transforman los procesos de manufactura implementados por las fábricas inteligentes, lo que se puede considerar una contribución a las transformaciones industriales propias de la industria 4.0.

Así mismo, este estudio permitió realizar una proyección en las múltiples áreas del conocimiento donde el avance en temas como la robótica colaborativa y la interacción humano-robot son de especial atención permitiendo establecer temáticas emergentes como la háptica, la inteligencia artificial industrial, realidad virtual, programación en robótica, entre otras. Paralelamente, permitió identificar algunas áreas en las cuales se pueden dar, tanto innovaciones tecnológicas como metodológicas, un tópico que se destaca es la medicina a través de la cirugía robótica, la cirugía de alta precisión y mínimamente invasiva; también, en campos del conocimiento que pueden considerarse como un gran aporte a la lucha contra el calentamiento global, aplicando robótica colaborativa en la transformación del campo y de los procesos de recolección, selección y clasificación de productos agrícolas.

Por último, es posible concluir que la pertinencia de las investigaciones alrededor de temas como la robótica colaborativa y la interacción entre humanos y máquinas, representan una prioridad en la inmersión de los mercados y procesos productivos hacia los nuevos paradigmas sobre la participación del humano en la cadena productiva y de consumo planteados por las transformaciones impulsadas por la cuarta revolución industrial. Además, se considera fundamental que las instituciones tecnológicas hagan los esfuerzos necesarios para que las personas cuenten con una transición informada y llena de oportunidades para desarrollar las competencias y habilidades laborales requeridas en las nuevas ocupaciones y actividades laborales, tendiendo a mitigar al máximo las posibles crisis generadas por la transición a la industria 4.0 y permitiendo la adaptación a las siguientes transformaciones que en las próximas décadas se contemplarán en el marco de la industria 5.0.

#### REFERENCIAS

- [1] M. Paliga, "Human-cobot interaction fluency and cobot operators' job performance. the mediating role of work engagement: A survey," *Robotics and Autonomous Systems*, vol. 155, p. 104191, 2022. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921889022001105>
- [2] R. Raisamo, K. Salminen, J. Rantala, A. Farooq, and M. Ziat, "Interpersonal haptic communication: Review and directions for the future," *International Journal of Human-Computer Studies*, vol. 166, p. 102881, 2022. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1071581922001070>
- [3] A. Paolillo, F. Colella, N. Nosengo, F. Schiano, W. Stewart, D. Zambrano, I. Chappuis, R. Lalive, and D. Floreano, "How to compete with robots by assessing job automation risks and resilient alternatives," *Science Robotics*, vol. 7, no. 65, 2022, cited By :1. [Online]. Available: [www.scopus.com](http://www.scopus.com)
- [4] Mario Rizo Rivas. (2 de Octubre de 2017) <https://www.forbes.com.mx/el-mundo-compro-mas-robots-durante-2016/>.
- [5] N. J. van Eck and L. Waltman, "Software survey: Vosviewer, a computer program for bibliometric mapping," *Scientometrics*, vol. 84, no. 2, pp. 523–538, 2010, cited By :4909. [Online]. Available: [www.scopus.com](http://www.scopus.com)
- [6] N. McHenry, J. Spencer, P. Zhong, J. Cox, M. Amisrany, K. C. Wong, and G. Chamitoff, "Predictive xr telepresence for robotic operations in space," in *IEEE Aerospace Conference Proceedings*, vol. 2021-March, 2021, cited By :6. [Online]. Available: [www.scopus.com](http://www.scopus.com)
- [7] A. Awde, M. Boudaoud, M. Macioce, S. Regnier, and C. Cleve, "A microrobotic approach for the intuitive assembly of industrial electrooptical sensors based on closed-loop light feeling," *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, pp. 1–10, 2022. [Online]. Available: [www.scopus.com](http://www.scopus.com)
- [8] C. Brosque, E. G. Herrero, Y. Chen, R. Joshi, O. Khatib, and M. Fischer, "Collaborative welding and joint sealing robots with haptic feedback," in *Proceedings of the International Symposium on Automation and Robotics in Construction*, vol. 2021-November, 2021, pp. 1–8, cited By :2. [Online]. Available: [www.scopus.com](http://www.scopus.com)
- [9] A. Casalino, C. Messeri, M. Pozzi, A. M. Zanchettin, P. Rocco, and D. Prattichizzo, "Operator awareness in human-robot collaboration through wearable vibrotactile feedback," *IEEE Robotics and Automation Letters*, vol. 3, no. 4, pp. 4289–4296, 2018, cited By :37. [Online]. Available: [www.scopus.com](http://www.scopus.com)
- [10] S. Fani, S. Ciotti, and M. Bianchi, "Multi-cue haptic guidance through wearables for enhancing human ergonomics," *IEEE Transactions on Haptics*, vol. 15, no. 1, pp. 115–120, 2022. [Online]. Available: [www.scopus.com](http://www.scopus.com)
- [11] V. Girbes-Juan, V. Schettino, Y. Demiris, and J. Tornero, "Haptic and visual feedback assistance for dual-arm robot teleoperation in surface conditioning tasks," *IEEE Transactions on Haptics*, vol. 14, no. 1, pp. 44–56, 2021, cited By :15. [Online]. Available: [www.scopus.com](http://www.scopus.com)
- [12] I. Iossifidis, "Development of a haptic interface for safe human robot collaboration," in *PECCS 2014 - Proceedings of the 4th International Conference on Pervasive and Embedded Computing and Communication Systems*, 2014, pp. 61–66, cited By :1. [Online]. Available: [www.scopus.com](http://www.scopus.com)
- [13] E. Lamon, F. Fusaro, P. Balatti, W. Kim, and A. Ajoudani, "A visuo-haptic guidance interface for mobile collaborative robotic assistant (moca)," in *IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems*, 2020, pp. 11253–11260, cited By :5. [Online]. Available: [www.scopus.com](http://www.scopus.com)
- [14] V. Rakhmatulin, M. A. Cabrera, F. Hagos, O. Sautenkov, J. Tirado, I. Uzhinsky, and D. Tsetserukou, "Coboguide: Haptic potential fields for safe human-robot interaction," in *Conference Proceedings - IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, 2021, pp. 2869–2874. [Online]. Available: [www.scopus.com](http://www.scopus.com)
- [15] M. Ramacciotti, F. Leoni, A. Spezzaneve, and S. Roccella, "A novel haptic interface control system for robotic industrial processes," in *Proceedings of the 1st IASTED International Conference on Intelligent Systems and Robotics, ISAR 2016*, 2016, pp. 168–174. [Online]. Available: [www.scopus.com](http://www.scopus.com)
- [16] J. Schmidtlr and K. Bengler, "Influence of size-weight illusion on usability in haptic human-robot collaboration," *IEEE Transactions on Haptics*, vol. 11, no. 1, pp. 85–96, 2018, cited By :3. [Online]. Available: [www.scopus.com](http://www.scopus.com)
- [17] F. Sorgini, G. A. Farulla, N. Lukic, I. Danilov, L. Roveda, M. Milivojevic, T. B. Pulikottil, M. C. Carrozza, P. Prinetto, T. Tollo, C. M. Oddo, P. B. Petrovic, and B. Bojovic, "Tactile sensing with gesture-controlled collaborative robot," in *2020 IEEE International Workshop on Metrology for Industry 4.0 and IoT, MetroInd 4.0 and IoT 2020 - Proceedings*, 2020, pp. 364–368, cited By :1. [Online]. Available: [www.scopus.com](http://www.scopus.com)
- [18] A. Hunternann, E. Demeester, and E. V. Poorten, "User-specific gaussian process model of wheelchair drivers with a haptic joystick interface," in *IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems*, 2018, pp. 2457–2463, cited By :2. [Online]. Available: [www.scopus.com](http://www.scopus.com)
- [19] A. MajidiRad and Y. S. Yihun, "Upper limb rehabilitation and mobility assistance using robotic devices: A review," in *Proceedings of the*

- ASME Design Engineering Technical Conference, vol. 5A-2019, 2019, cited By :4. [Online]. Available: [www.scopus.com](http://www.scopus.com)
- [20] Y. Wang, D. Held, and Z. Erickson, "Visual haptic reasoning: Estimating contact forces by observing deformable object interactions," *IEEE Robotics and Automation Letters*, vol. 7, no. 4, pp. 11 426–11 433, 2022. [Online]. Available: [www.scopus.com](http://www.scopus.com)
- [21] O. Wilz, B. Sainsbury, and C. Rossa, "Constrained haptic-guided shared control for collaborative human–robot percutaneous nephrolithotomy training," *Mechatronics*, vol. 75, 2021, cited By :4. [Online]. Available: [www.scopus.com](http://www.scopus.com)
- [22] X. Wu and Z. Li, "Cooperative manipulation of wearable dual-arm exoskeletons using force communication between partners," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 67, no. 8, pp. 6629–6638, 2020, cited By :10. [Online]. Available: [www.scopus.com](http://www.scopus.com)
- [23] D. J. Agravante, A. Cherubini, and A. Kheddar, "Using vision and haptic sensing for human-humanoid joint actions," in *IEEE Conference on Robotics, Automation and Mechatronics, RAM - Proceedings*, 2013, pp. 13–18, cited By :4. [Online]. Available: [www.scopus.com](http://www.scopus.com)
- [24] A. Al-Yacoub, Y. C. Zhao, W. Eaton, Y. M. Goh, and N. Lohse, "Improving human robot collaboration through force/torque based learning for object manipulation," *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, vol. 69, 2021, cited By :19. [Online]. Available: [www.scopus.com](http://www.scopus.com)
- [25] Y. Aydin, N. Arghavani, and C. Basdogan, "A new control architecture for physical human-robot interaction based on haptic communication," in *ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, 2014, pp. 122–123, cited By :6. [Online]. Available: [www.scopus.com](http://www.scopus.com)
- [26] D. Bazzi, A. Tomasi, A. M. Zanchettin, and P. Rocco, "Human intention estimation and goal-driven variable admittance control in manual guidance applications," in *2021 20th International Conference on Advanced Robotics, ICAR 2021*, 2021, pp. 195–200. [Online]. Available: [www.scopus.com](http://www.scopus.com)
- [27] F. Bian, D. Ren, R. Li, P. Liang, K. Wang, and L. Zhao, "Dynamical system based variable admittance control for physical human-robot interaction," *Industrial Robot*, vol. 47, no. 4, pp. 623–635, 2020, cited By :1. [Online]. Available: [www.scopus.com](http://www.scopus.com)
- [28] S. A. Bowyer, B. L. Davies, and F. Rodríguez Y Baena, "Active constraints/virtual fixtures: A survey," *IEEE Transactions on Robotics*, vol. 30, no. 1, pp. 138–157, 2014, cited By :189. [Online]. Available: [www.scopus.com](http://www.scopus.com)
- [29] M. Costanzo, G. De Maria, and C. Natale, "Handover control for human-robot and robot-robot collaboration," *Frontiers in Robotics and AI*, vol. 8, 2021, cited By :6. [Online]. Available: [www.scopus.com](http://www.scopus.com)
- [30] N. Dehio, J. Smith, D. L. Wigand, P. Mohammadi, M. Mistry, and J. J. Steil, "Enabling impedance-based physical human–multi–robot collaboration: Experiments with four torque-controlled manipulators," *International Journal of Robotics Research*, vol. 41, pp. 68–84, 2022.
- [31] Y. Dmytryiev, F. Insero, M. Carnevale, and H. Giberti, "Brain–computer interface and hand-guiding control in a human–robot collaborative assembly task," *Machines*, vol. 10, no. 8, 2022. [Online]. Available: [www.scopus.com](http://www.scopus.com)
- [32] S. Grushko, A. Vysocký, P. Oščádal, M. Vocetka, P. Novák, and Z. Bobovský, "Improved mutual understanding for human-robot collaboration: Combining human-aware motion planning with haptic feedback devices for communicating planned trajectory," *Sensors*, vol. 21, no. 11, 2021, cited By :9. [Online]. Available: [www.scopus.com](http://www.scopus.com)
- [33] S. Huang, M. Ishikawa, and Y. Yamakawa, "Human-robot interaction and collaborative manipulation with multimodal perception interface for human," in *HAI 2019 - Proceedings of the 7th International Conference on Human-Agent Interaction*, 2019, pp. 289–291, cited By :1. [Online]. Available: [www.scopus.com](http://www.scopus.com)
- [34] A. Huat, A. Yoroza, and M. Takahashi, *Introduction of Damping Control for Obstacle Avoidance in Direct-Contact Cobotics Operations*, ser. Lecture Notes in Networks and Systems, 2022, vol. 412 LNNS. [Online]. Available: [www.scopus.com](http://www.scopus.com)
- [35] S. W. Jensen, J. L. Salmon, and M. D. Killpack, "Trends in haptic communication of human-human dyads: Toward natural human-robot co-manipulation," *Frontiers in Neurobotics*, vol. 15, 2021, cited By :1. [Online]. Available: [www.scopus.com](http://www.scopus.com)
- [36] A. Kucukyilmaz and I. Issak, "Online identification of interaction behaviors from haptic data during collaborative object transfer," *IEEE Robotics and Automation Letters*, vol. 5, no. 1, pp. 96–102, 2020, cited By :3. [Online]. Available: [www.scopus.com](http://www.scopus.com)
- [37] S. Kundu, B. O'Flynn, J. T. Sanchez, and M. Walsh, "Low latency haptic feedback for battery powered hci for the tactile internet," in *2021 Smart Systems Integration, SSI 2021*, 2021. [Online]. Available: [www.scopus.com](http://www.scopus.com)
- [38] S. Liu, L. Wang, and X. V. Wang, "Function block-based multimodal control for symbiotic human-robot collaborative assembly," *Journal of Manufacturing Science and Engineering, Transactions of the ASME*, vol. 143, 2021, cited By :7. [Online]. Available: [www.scopus.com](http://www.scopus.com)
- [39] A. Ozgür, W. Johal, F. Mondada, and P. Dillenbourg, "Windfield: Learning wind meteorology with handheld haptic robots," in *ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, vol. Part F127194, 2017, pp. 156–165, cited By :12. [Online]. Available: [www.scopus.com](http://www.scopus.com)
- [40] A. Rivera-Pinto and J. Kildal, "Visuo-tactile mixed reality for offline cobot programming," in *ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, 2020, pp. 403–405, cited By :2. [Online]. Available: [www.scopus.com](http://www.scopus.com)
- [41] V. Shanmuganatha, L. P. Pratap, and P. M. Shailendrasingh, "Modeling and control of collaborative robot system using haptic feedback," *Advances in Science, Technology and Engineering Systems*, vol. 2, no. 3, pp. 1549–1555, 2017, cited By :2. [Online]. Available: [www.scopus.com](http://www.scopus.com)
- [42] J. Singh, A. R. Srinivasan, G. Neumann, and A. Kucukyilmaz, "Haptic-guided teleoperation of a 7-dof collaborative robot arm with an identical twin master," *IEEE Transactions on Haptics*, vol. 13, no. 1, pp. 246–252, 2020, cited By :7. [Online]. Available: [www.scopus.com](http://www.scopus.com)
- [43] Y. Tanaka, S. Shiraki, K. Katayama, K. Minamizawa, and D. Prattichizzo, "Bilaterally shared haptic perception for human-robot collaboration in grasping operation," *Journal of Robotics and Mechatronics*, vol. 33, no. 5, pp. 1104–1116, 2021, cited By :3. [Online]. Available: [www.scopus.com](http://www.scopus.com)
- [44] D. Wei, H. Zhou, and H. Y. Yang, "Human-robot negotiation of intentions based on virtual fixtures for shared task execution," in *2020 17th International Conference on Ubiquitous Robots, UR 2020*, 2020, pp. 297–302, cited By :1. [Online]. Available: [www.scopus.com](http://www.scopus.com)