

<https://doi.org/10.69639/arandu.v11i1.238>

Seguridad Orientada a Objetos: Nuevas Perspectivas Ontológicas para la Gestión de la Seguridad Industrial

Object-Oriented Security: New Ontological Perspectives for Industrial Safety Management

Jonathan Alexis Tapia Chamba

jtapiac3@uteq.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0001-0121-9923>

Universidad Técnica Estatal de Quevedo
Quevedo – Ecuador

Rommel Sebastián Coba Torres

rcoba@ueb.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-7142-2847>

Universidad Estatal de Bolívar
Guaranda – Ecuador

Artículo recibido: 20 mayo 2024

- Aceptado para publicación: 26 junio 2024
Conflictos de intereses: Ninguno que declarar

RESUMEN

Las corrientes teóricas de las ciencias de seguridad se han dedicado a pensar la prevención de siniestros y la mitigación de riesgos desde un enfoque que predominantemente identifica las causas subyacentes de los accidentes en factores humanos o factores técnicos. Sin embargo, estos paradigmas pueden ser insuficientes para capturar la complejidad de la gran cantidad de variables que entran en juego al momento en que se produce un accidente. Este artículo propone una alternativa teórico-metodológica para la gestión de la seguridad industrial fundamentada en la integración de la Ontología Orientada a Objetos (OOO) y la Teoría del Actor-Red (TAR). Por tanto, se propone una aproximación a una "Seguridad Orientada a Objetos" que considera la interdependencia y el impacto de todos los actantes en un entorno industrial, permitiendo desarrollar sistemas de seguridad más sólidos y robustos al reconfigurar el proceso cognitivo de identificación y mapeo de actores que intervienen en un accidente.

Palabras clave: seguridad en el trabajo, gestión de riesgos, prevención de accidentes, teoría del actor-red

ABSTRACT

The theoretical currents in safety sciences have focused on thinking about accident prevention and risk mitigation from an approach that predominantly identifies the underlying causes of accidents in human factors or technical factors. However, these paradigms may be insufficient to capture the complexity of the large number of variables that come into play when an accident

occurs. This article proposes a theoretical-methodological alternative for industrial safety management based on the integration of Object-Oriented Ontology (OOO) and Actor-Network Theory (ANT). Therefore, an "Object-Oriented Safety" approach is proposed that considers the interdependence and impact of all actants in an industrial environment, allowing for the development of more solid and robust safety systems by reconfiguring the cognitive process of identifying and mapping actors involved in an accident.

Keywords: workplace safety, risk management, accident prevention, actor-network theory

Todo el contenido de la Revista Científica Internacional Arandu UTIC publicado en este sitio está disponible bajo licencia Creative Commons Attribution 4.0 International. 

INTRODUCCIÓN

Los sistemas sociotécnicos complejos que emergen del seno de las industrias modernas representan un desafío singular para la gestión de la seguridad. La interacción entre múltiples componentes en una industria crea una red de interdependencias donde el fallo de un solo elemento puede desencadenar una cascada de eventos impredecibles que eventualmente estriban en accidentes. Este fenómeno se observa en incidentes como el desastre de Deepwater Horizon, donde la combinación de factores que no se limitan a lo humano o lo técnico, condujo a una de las mayores catástrofes ambientales de la historia. Tales eventos subrayan la dificultad de entender y gestionar riesgos en sistemas donde las acciones y reacciones de sus elementos no son lineales ni totalmente previsibles. Esto pone de manifiesto las limitaciones de los enfoques tradicionales de seguridad que a menudo se centran de forma aislada en los errores humanos o en las fallas mecánicas sin abarcar la complejidad del sistema en su conjunto.

El problema central de esta investigación surge precisamente de esta incapacidad de los paradigmas actuales en las ciencias de la seguridad para ofrecer un enfoque holístico que incorpore de manera efectiva en sus modelos de análisis a todos los actantes que intervienen a la hora en que se produce un accidente. Esta brecha se manifiesta en una gestión de seguridad que, aunque robusta en ciertos aspectos, no logra anticipar o mitigar adecuadamente los incidentes a través de una comprensión completa de las interacciones dentro de los sistemas sociotécnicos. En un entorno industrial, donde cada componente puede ser crucial, la falta de un análisis integral puede resultar en vulnerabilidades no detectadas y, por ende, en riesgos elevados de accidentes y fallos operativos.

La necesidad de abordar estas falencias justifica ampliamente la presente investigación, que busca explorar y potenciar la integración de nuevas perspectivas teóricas como la Ontología Orientada a Objetos (OOO) y la Teoría del Actor-Red (ANT) al campo de las ciencias de la seguridad. Estas teorías ofrecen marcos conceptuales que no solo reconocen la agencia de los actantes ‘no humanos’, sino que también enfatizan la importancia de las relaciones y las interacciones entre todos los componentes del sistema. Por ejemplo, la OOO desafía la jerarquía tradicional que prioriza lo humano sobre lo no humano y propone en su lugar una igualdad ontológica entre los humanos y los objetos, mientras que la ANT sugiere un enfoque en el que objetos y seres humanos contribuyen de manera simétrica a la configuración de las realidades sociotécnicas, facilitando así una visión más detallada y explicativa de las interacciones complejas que ocurren en un accidente.

El objetivo principal de este estudio es, por lo tanto, evaluar cómo la aplicación de la OOO y la ANT puede reconfigurar la gestión de la seguridad industrial. Se busca desarrollar un marco teórico que no solo mejore la identificación y análisis de riesgos en sistemas complejos, sino que también promueva estrategias de seguridad más adaptativas y preventivas. Este enfoque

tiene el potencial de transformar la práctica de la seguridad industrial, contribuyendo significativamente a la creación de entornos laborales más seguros y resilientes.

A partir de esta exploración teórica y práctica, se plantea la hipótesis de que la integración de la Ontología Orientada a Objetos y la Teoría del Actor-Red en la gestión de la seguridad industrial proporcionará un enfoque más eficaz para la gestión de riesgos. Se anticipa que este nuevo paradigma no solo identificará y mitigará riesgos de manera más eficaz, sino que también fomentará una cultura de seguridad que reconozca y utilice la complejidad y la interconexión inherentes a los sistemas industriales modernos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Este artículo emplea una metodología cualitativa basada en la revisión de la literatura, el análisis comparativo de marcos teóricos y la exploración de casos de estudio para abordar la pregunta: ¿cómo puede la integración de la OOO y la TAR redimensionar y mejorar la gestión de seguridad en las industrias?. Se revisan trabajos clave en el campo de la seguridad, la OOO y la TAR, y se analizan sus implicaciones para la gestión de seguridad en las industrias.

Los casos de estudio se han seleccionado para intentar ilustrar cómo estos enfoques pueden aplicarse en la práctica para así proporcionar elementos conceptuales que permitan evaluar su efectividad. No obstante, cabe aclarar que, por razones de extensión, el análisis de los estudios de caso abordados en este artículo no pretende tener un carácter exhaustivo, por lo cual, se propone una revisión breve y sistemática que recoja los elementos necesarios para evidenciar el potencial metodológico y teórico de la propuesta de esta investigación.

Se prevé que al integrar estos principios en la práctica de la seguridad industrial, se pueden desarrollar sistemas sólidos, adaptativos y efectivos, capaces de anticipar y gestionar los riesgos de manera integral. Este enfoque transformador podría mejorar la identificación y mitigación de riesgos, además de promover una cultura de seguridad que valora la complejidad y la interdependencia de todos los elementos en el entorno laboral.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Avances y retrocesos de los paradigmas de la seguridad industrial

En el ámbito de la seguridad industrial, los enfoques tradicionales como Safety I (Reason, 1990; Hollnagel, 2004) se han centrado principalmente en la prevención de accidentes y la reducción de errores humanos. Este paradigma, basado en la identificación de causas directas y la implementación de controles específicos para evitar accidentes, presupone una visión mecanicista del mundo en la que los accidentes son vistos como fenómenos evitables mediante la eliminación de sus causas inmediatas. Aunque este enfoque ha demostrado su eficacia en diversos sectores, especialmente en la aviación, donde la adopción de procedimientos estandarizados y

tecnologías avanzadas ha mejorado notablemente la seguridad, presenta limitaciones significativas al enfocarse únicamente en las causas directas y en soluciones específicas, a menudo ignorando las complejas interacciones entre los diferentes elementos del sistema.

Además, la Seguridad Basada en el Comportamiento (Geller, 2001) ha emergido como otro enfoque popular que promueve la modificación del comportamiento de los trabajadores a través de la observación, retroalimentación y refuerzo positivo. Aunque este método ha tenido éxito en industrias como la construcción y la manufactura, alentando prácticas seguras y desalentando comportamientos arriesgados, comparte limitaciones con Safety I en cuanto a su enfoque principalmente antropocéntrico y su tendencia a no considerar suficientemente los factores organizacionales y contextuales que influyen en el comportamiento.

Frente a estos desafíos, la Ingeniería de Resiliencia (Nemeth, 2008) propone que, en lugar de centrarse exclusivamente en la prevención de fallos, los sistemas deben ser diseñados para ser resilientes, es decir, capaces de adaptarse y recuperarse de eventos adversos. Este enfoque reconoce que los accidentes no pueden ser completamente eliminados y que es crucial diseñar sistemas que puedan responder efectivamente cuando ocurran. Aplicada en sectores como la aviación, la salud y la energía, esta teoría ha facilitado el desarrollo de tecnologías y procedimientos que permiten a los sistemas adaptarse a condiciones imprevistas, manteniendo la operatividad segura.

En un nivel más profundo, la Cultura de Seguridad (Antonsen, 2009) y Safety II (Hollnagel, 2014) representan avances significativos en la evolución del pensamiento sobre la seguridad. Estos enfoques no solo abordan las causas de los fallos, sino que también enfatizan los factores que contribuyen a operaciones exitosas, proponiendo un enfoque más sistémico y proactivo. Safety II, en particular, propone centrarse en lo que "sale bien" en lugar de solo examinar los fallos, destacando la importancia de entender y apoyar las condiciones que permiten a los sistemas operar de manera segura.

A pesar de los avances en los enfoques tradicionales de seguridad, aún sigue siendo un enorme desafío adaptarse a la creciente complejidad y dinamismo de los sistemas sociotécnicos de las industrias modernas. Estos modelos, que se basan en enfoques lineales y causales, a menudo fallan en capturar la interdependencia y la no linealidad inherente a estos sistemas. Un fallo clave es su incapacidad para *reconocer la agencia de los actantes no humanos*, como un martillo, un reporte de seguridad o los sistemas automatizados, cuyas acciones pueden tener impactos críticos y no siempre previsible en la seguridad global.

Además, estos modelos tradicionales suelen evitar considerar los factores políticos y culturales que influyen profundamente en la práctica de la seguridad. Las políticas organizacionales y las culturas de seguridad pueden afectar significativamente cómo se implementan y se respetan las normas de seguridad. La omisión de estos aspectos y de la capacidad de agencia de los elementos no humanos subraya la necesidad de enfoques teóricos

más avanzados que puedan abarcar la complejidad y la dinámica de los entornos industriales actuales, promoviendo así una gestión de la seguridad más holística y adaptativa.

Este vacío conceptual y práctico en las ciencias de la seguridad subraya la necesidad de explorar nuevos horizontes teóricos, ontológicos y epistemológicos. Así, la integración de la Ontología Orientada a Objetos (OOO) y la Teoría del Actor-Red (TAR) puede ofrecer un enfoque más inclusivo y holístico, proporcionando una visión integral de las dinámicas de riesgo y las interacciones en los sistemas sociotécnicos. Estos enfoques teóricos pueden potencialmente enriquecer la comprensión y la gestión de seguridad partiendo de una nueva perspectiva epistemológica que atribuya igualdad ontológica y capacidad de agencia a todos los actantes que componen una red sociotécnica, en una suerte de giro conceptual que permita hacer frente a las complejidades resultantes de una industria cada vez más interconectada y tecnológicamente avanzada.

Ontología Orientada a Objetos y Gestión de la Seguridad

La Ontología Orientada a Objetos (OOO) es una propuesta filosófica contemporánea desarrollada por pensadores como Graham Harman (2002, 2017), Levi Bryant (2011) y Timothy Morton (2013). Esta teoría propone una reevaluación radical de cómo se comprende la realidad, al postular que todos los objetos –desde un microorganismo, pasando por un remache hasta los seres humanos– gozan de una importancia ontológica equivalente y poseen existencia y propiedades que son independientes de la percepción humana. Este enfoque ofrece una perspectiva revolucionaria en la gestión de la seguridad, toda vez que sugiere que todos los componentes de un entorno deben ser considerados de manera equitativa y exhaustiva al evaluar riesgos y diseñar protocolos de seguridad.

En el contexto de la OOO, el término "objeto" abarca cualquier entidad con una existencia autónoma y una independencia tanto de su percepción por otros como de su función utilitaria. Los objetos exhiben una dualidad entre su realidad interna, que es inherentemente "oculta" y "retirada", y sus interacciones externas con otros objetos. Según Harman (2002, 2017), esta condición intrínseca de los objetos los hace inaccesibles en su totalidad para otros, incluidos los humanos. Así, cada objeto se define no solo por sus atributos físicos o su materialidad, sino también por su *capacidad para influir y ser influido* en interacciones que no revelan por completo su esencia interna. De este modo, la totalidad de un objeto siempre permanece en parte desconocida, y solo se puede conocer una fracción de su naturaleza en cualquier interacción.

Este entendimiento de los objetos propone un cambio significativo en cómo se deben abordar los riesgos y la seguridad en cualquier entorno. Si cada objeto, incluidos dispositivos tecnológicos, estructuras físicas y elementos humanos, se considera como un actante con potencial de agencia propia, entonces las estrategias de seguridad no pueden limitarse a responder a eventos pasados o a prevenir riesgos identificados de manera convencional. En cambio,

requieren un enfoque más holístico y proactivo que anticipe la complejidad y la interconectividad de todos los actantes involucrados.

Igualdad Ontológica de los Objetos y su Impacto en la Gestión de la Seguridad

La igualdad ontológica es un principio fundamental dentro de la Ontología Orientada a Objetos (OOO) que ha sido ampliamente discutida por teóricos como Bryant (2011) y Harman (2002, 2017). Para Bryant (2011), la igualdad ontológica implica una "democracia de los objetos" en la cual, "todos los objetos, sean humanos o no humanos, existen en igualdad ontológica y tienen agencia propia" (p. 23). Este enfoque desafía la jerarquía tradicional antropocéntrica que privilegia a los seres humanos sobre entidades no-humanas.

Esta perspectiva puede extrapolarse para revolucionar la gestión de la seguridad al sugerir que tanto las máquinas, las herramientas, las infraestructuras como los entornos naturales deben ser valorados y gestionados con la misma consideración que los humanos. La noción de igualdad ontológica podría, por tanto, promover un enfoque más inclusivo y exhaustivo en la evaluación y mitigación de riesgos en un entorno industrial. Al aplicar este principio, se mejora la seguridad al garantizar que todos los elementos potencialmente peligrosos sean identificados y manejados adecuadamente.

Por otra parte, Bryant (2011) sostiene que esta posición filosófica impulsa una "descentralización del humano" y postula que "los objetos existen en sus propios términos y no simplemente como correlatos de la percepción o cognición humana" (p. 27). Esta noción implica que un análisis de seguridad que adopte la OOO considerará no solo cómo los humanos interactúan con los objetos, sino también cómo los objetos interactúan entre sí de manera independiente de la intervención humana, y cómo estas interacciones podrían desencadenar incidentes.

La autonomía de los objetos es otro pilar crucial de la OOO, como lo argumenta Harman (2017), quien afirma que un objeto no puede ser completamente comprendido solo por sus partes constituyentes o su funcionalidad. Bryant (2011) amplía esta idea, señalando que "todos los objetos, desde las piedras hasta las bacterias, tienen una agencia que influye en sus interacciones y relaciones dentro de un colectivo" (p. 24). Reconocer que cada objeto tiene la capacidad de actuar e influir en su entorno desafía las nociones tradicionales que consideran los objetos como herramientas inertes y pasivas.

Por lo tanto, adoptar un enfoque holístico en la gestión de la seguridad que vaya más allá de lo humano al reconocer la existencia y agencia independiente de cada objeto, es esencial. Este enfoque no solo mejora la identificación de riesgos, sino que también fomenta una cultura de seguridad más comprometida con comprender la complejidad y la interdependencia de todos los elementos en el entorno laboral. Esto es vital, especialmente en aquellos casos donde los peligros son difíciles de captar a través de una evaluación superficial limitada a identificar factores humanos o técnicos.

Tensión entre Realidad y Apariencia de los Objetos

Uno de los conceptos centrales en la Ontología Orientada a Objetos (OOO) es la tensión entre la realidad de un objeto y la apariencia o las percepciones que tenemos de él. Este concepto, articulado por Graham Harman (2017), sugiere que los objetos poseen una profundidad ontológica que trasciende cómo son aprehendidos por las percepciones humanas y sus interacciones observables. Harman explica que "los objetos no son idénticos a sus propiedades, sino que mantienen una relación de tensión con ellas y esta tensión es responsable de todos los cambios que ocurren en el mundo" (p. 9). Esta idea plantea que la condición óptica de un objeto, esto es, su realidad material, *incluye mucho más de lo que puede ser percibido directamente a través de los sentidos*; lo que significa que sus propiedades visibles pueden cambiar y adaptarse, pero su esencia subyacente permanece profunda y compleja.

Esta relación de tensión entre la realidad y la apariencia es crucial para comprender cómo los objetos pueden influir en el mundo de maneras que no siempre son evidentes, lo que tiene importantes implicaciones para la gestión de la seguridad en las industrias. Por ejemplo, en un entorno industrial, la maquinaria y el equipo no deberían evaluarse únicamente por su estado observable o los resultados de un informe de mantenimiento, puesto que, a pesar de que puedan aparecer ante la mirada en 'condiciones adecuadas', la tensión entre la realidad de un objeto y su apariencia nos sugiere que siempre pueden existir aspectos ocultos en estos que no son evidentes a simple vista, y que por tanto, podrían influir significativamente en la seguridad. Harman subraya que incluso los objetos que parecen estar en buen estado pueden albergar fallos latentes que no se manifiestan hasta que es demasiado tarde.

Además, Harman (2017) profundiza en cómo los objetos no solo afectan a los humanos, sino que también interactúan entre sí, influyendo y siendo influenciados por otros objetos, lo que puede desencadenar una reacción en cadena con el potencial de desestabilizar los sistemas de seguridad de las redes sociotécnicas. Este concepto de interacción se refleja también en el pensamiento de Heidegger, quien argumenta que "las cosas están tan íntimamente ligadas a sus propósitos y estos a su vez a otros propósitos que no se puede hablar en sentido estricto de 'una' pieza de equipamiento" (Harman, 2017, p. 75).

Por otra parte, la interacción entre los objetos es difícil de atrapar debido a que ocurre en un escenario que imposibilita su aprehensión, toda vez que los objetos, y especialmente los objetos tecnológicos, operan en el interior de lo que Latour llama una *caja negra*. En efecto, para Latour (1987) una caja negra es básicamente el resultado de 'encapsular' el funcionamiento interno de un dispositivo, sistema, o proceso en una caja (lo que podemos llamar carcasa o chasis), ocultando de este modo la complejidad de sus interacciones intrínsecas. Para ilustrar esto se puede pensar en un objeto tecnológico como un televisor. Desde un punto de vista técnico, un televisor incluye una variedad de componentes electrónicos sofisticados como placas base, paneles de pantalla, circuitos integrados y software que procesa señales digitales y las convierte en imágenes

y sonidos. Estos elementos trabajan en conjunto de manera que se ocultan detrás de la interfaz simple del dispositivo. Para la mayoría de los usuarios, los detalles técnicos de cómo estas partes funcionan y interactúan son irrelevantes mientras el dispositivo funcione correctamente. Esto significa que el funcionamiento interno de un objeto técnico como un televisor está *cajanegrizado*. Latour utiliza este concepto para criticar la tendencia en la ciencia y la tecnología de ignorar los mecanismos subyacentes de los sistemas aceptados y centrarse solo en los resultados que producen. Este fenómeno puede llevar a una falta de comprensión sobre cómo funcionan realmente las cosas y a una incapacidad para cuestionar o mejorar esos sistemas cuando se presentan problemas o limitaciones.

Persistencia de los Objetos y la Adaptabilidad de los Sistemas de Seguridad

La persistencia de los objetos y su capacidad para mantener su identidad a lo largo del tiempo y el espacio son conceptos centrales de la OOO. Esta persistencia implica que los objetos, a pesar de los cambios en sus relaciones y el desgaste propio de la entropía, conservan una continuidad que puede influir en su entorno de maneras significativas. Con esta idea, Harman (2017) subraya que los objetos no se definen únicamente por sus interacciones actuales, sino que poseen una continuidad que trasciende estas relaciones. En el contexto de la seguridad, esto significaría que los sistemas deben ser capaces de monitorear y gestionar los riesgos asociados con los objetos de manera continua, considerando tanto su estado presente como su historial y potencial de cambio futuro.

En este sentido, la persistencia de los objetos implica que los riesgos asociados con ellos pueden evolucionar con el tiempo, requiriendo una vigilancia constante y una capacidad de respuesta adaptable. Un sistema de seguridad adaptativo debe ser capaz de responder a los problemas imprevistos, las dinámicas emergentes, y a los cambios en el entorno. Esto incluye no sólo la monitorización continua de los objetos, sino que además la capacidad de ajustar los protocolos y medidas de seguridad en función de los datos y análisis en tiempo real. Así, por ejemplo, en una red sociotécnica compleja, como una fábrica o una planta industrial, la implementación de sensores avanzados y sistemas de análisis predictivo podría ayudar a detectar patrones inusuales en el rendimiento de las máquinas y sus componentes, permitiendo a los gestores de seguridad anticipar y mitigar problemas antes de que se conviertan en fallos críticos.

Además, la persistencia de los objetos sugiere que los sistemas de seguridad deben ser capaces de gestionar los riesgos a lo largo del tiempo, adaptándose a las condiciones cambiantes y a las nuevas amenazas que puedan surgir. Harman (2017) enfatiza que "la tensión entre un objeto y sus apariencias, entre una cosa y sus relaciones con el mundo, es una fuerza motriz" (p. 12). Esta tensión implica que los objetos de un sistema sociotécnico complejo pueden comportarse de maneras inesperadas, requiriendo de este modo una vigilancia continua y una capacidad de respuesta flexible. En un sentido práctico, esto significaría no solamente la aplicación de mantenimientos preventivos de forma regular, sino también la actualización de los protocolos de

seguridad y la implementación de sistemas de monitorización avanzados que puedan detectar cambios en las condiciones y comportamientos de los objetos en tiempo real.

Teoría del Actor-Red (TAR) para la gestión de la seguridad

La Teoría del Actor-Red (TAR), propuesta por Bruno Latour, es un marco conceptual heterodoxo que desafía la dualidad ontológica sujeto/objeto del que parte la construcción del conocimiento en las ciencias sociales. Esta teoría se caracteriza por descentralizar la capacidad de agencia de los humanos y extenderla a otros actores, como objetos técnicos o “no-humanos”, planteando una simetría entre ambos en términos de su capacidad de influir en el curso de las acciones y decisiones de otros agentes.

En su texto “*Reensamblar lo social*” (2008), Latour crítica las definiciones convencionales de lo social utilizadas en las ciencias sociales, argumentando que estas limitan la acción a los humanos con intenciones y significado. En contrapartida, este autor sostiene que *cualquier entidad que modifique un estado de cosas es un actor o actante*, independientemente de si es humano o no humano (Latour, 2008, p. 106). Esta perspectiva permite incluir a objetos como martillos, canastos, gatos, bacterias, un reporte, la oxidación y otros elementos en la red de agentes con capacidad de acción.

El concepto de agencia en la TAR es fundamental, toda vez que para Latour, “la acción es dislocada (...) es tomada prestada, distribuida, sugerida, influida, dominada, traicionada, traducida” (Latour, 2008, p. 70). Esto significa que la acción no es inherente a un solo actor, sino que está distribuida y es el resultado de interacciones complejas entre múltiples agentes, humanos y no-humanos. Esta distribución de la acción genera incertidumbre sobre el origen de esta, lo que lleva a considerar a un actor como un “actor-red” (Latour, 2008, p. 74), lo que implica que las acciones de un actor están condicionadas por su pertenencia a una red compuesta por una gran cantidad de otros actores.

En este sentido, uno de los aspectos centrales de la TAR es el reconocimiento de *la agencia de los objetos*. Latour argumenta que los objetos no son simplemente telones de fondo de la acción humana, sino que pueden autorizar, permitir, dar recursos, alentar, sugerir, influir, bloquear, hacer posible y prohibir (Latour, 2008, p. 107). Esta idea se ilustra con ejemplos como el transbordador Columbia, que, al fallar, mostró cómo los objetos pueden transformar su modo de existencia de manera drástica e influir significativamente en las acciones humanas (2008, p. 118). Latour argumenta que los objetos existen y desempeñan roles cruciales, a pesar de que no se les reconozca en los marcos conceptuales de la teoría social (Latour, 2008, p. 109). La TAR, por tanto, no establece una simetría absurda entre humanos y no-humanos, sino que busca evitar una asimetría espuria y apuesta por reconocer la influencia mutua entre ambos (2008, p. 112).

Otro concepto fundamental para entender cómo se configuran las acciones y las agencias es la noción de *red*. Una red para Latour no es otra cosa sino el conglomerado de actores que interactúan entre sí y componen un sistema sociotécnico. Este autor explica que las acciones no

consisten únicamente en conexiones entre humanos o entre objetos, sino que "probablemente irán en zigzag de unas a otras" (Latour, 2008, p. 112), lo que sugiere que las redes de actores están compuestas por entramados complejos de relaciones que incluyen tanto elementos humanos como no-humanos.

Para entender la configuración de las redes de actores, La TAR enfatiza el *análisis de las controversias*. Las controversias son momentos de “disputa”, “desacuerdo” y “tensión” entre los distintos actores que componen una red, que revelan la configuración de las redes de actores y las dinámicas de poder involucradas. Latour (2008) sostiene que las controversias son cruciales porque es en estos momentos de disputa donde las asociaciones y relaciones entre actores se vuelven visibles. Durante las controversias, los actores (tanto humanos como no-humanos) se movilizan, y sus interacciones, argumentos y posiciones se exponen claramente.

En este orden de ideas, la cartografía de controversias es una herramienta metodológica clave en la TAR, utilizada para mapear y analizar las interacciones y tensiones entre los diferentes actantes en una red. Haavik (2021) plantea que la cartografía de controversias puede revelar las dinámicas internas de los sistemas sociotécnicos, proporcionando una visión más completa de los riesgos y desafíos. Este enfoque permite identificar los puntos de tensión y las negociaciones entre los distintos actores, facilitando la identificación de posibles soluciones y mejoras. En el campo praxeológico de la seguridad industrial, la cartografía de controversias puede ser utilizada para analizar incidentes y accidentes, revelando las interacciones y decisiones que llevaron al evento. Por ejemplo, en el caso de un fallo en una línea de producción, la cartografía de controversias puede ayudar a identificar cómo las decisiones de mantenimiento, las políticas de gestión, la entropía y las condiciones operativas contribuyeron al fallo.

Un aspecto crucial de la TAR es la *importancia de la documentación* y la narrativa para dar cuenta de la agencia de los objetos. Latour sostiene que la condición para que los objetos sean reconocidos como actores, es *incorporarlos en relatos y producir rastros o registros de su influencia*. Sin estos registros, los objetos y los no-humanos no pueden salir de su ocultamiento, por lo que permanecen en silencio y no pueden ser considerados como actores en el análisis de una red sociotécnica (Latour, 2008). En este sentido, la documentación y la narrativa se configuran como herramientas esenciales para visualizar y entender las redes de actores porque al registrar a los objetos y sus interacciones con las personas, emerge la posibilidad de dar cuenta de su agencia y su influencia en el curso de las acciones.

Implicaciones Metodológicas de la TAR en la gestión de la seguridad

La adopción de la TAR tiene importantes implicaciones metodológicas no solo para las ciencias sociales en particular, sino para cualquier campo de conocimiento que estudie el comportamiento y la interacción entre actores, como es el caso de las ciencias de la seguridad. Así, la TAR propone un enfoque holístico que no se centra únicamente en los humanos y sus intenciones, o en las maquinarias y sus aspectos técnicos, sino que dimensiona y da cuenta del

impacto y las posibilidades de mutua influencia y condicionamiento derivadas de la interacción entre humanos y no-humanos.

Latour propone que “lo social” –entendido como la “unión”, “asociación” o “interacción” entre más de un actante humano o no-humano– no debe ser visto como un dominio específico de la realidad, sino como un movimiento de re-asociación y re-ensamblado (Latour, 2008, p. 14). Este enfoque permite rastrear las conexiones y asociaciones que forman la base de cualquier fenómeno social, lo que puede incluir los riesgos y accidentes que se producen en sistemas sociotécnicos complejos como las instalaciones de una fábrica, o un parque industrial.

Aplicaciones de la TAR en el análisis de fenómenos sociales

La TAR ha sido particularmente influyente en el campo de los estudios de ciencia y tecnología (STS). Latour y otros investigadores han utilizado la TAR para analizar cómo se configuran las redes de actores en el desarrollo y la implementación de tecnologías. Por ejemplo, en su estudio sobre la pasteurización, Latour muestra cómo los microbios, los científicos, las instituciones y los instrumentos de laboratorio interactúan para configurar la red de actores que hace posible la pasteurización (Latour, 1988). La TAR también ha sido utilizada para analizar el desarrollo de infraestructuras tecnológicas y cómo estas configuran las dinámicas sociales. Así, en su estudio sobre el sistema de transporte Aramis, Latour muestra cómo los actores humanos y no-humanos interactúan y cómo sus asociaciones influyen en el éxito o el fracaso de la implementación de nuevas tecnologías (Latour, 1996).

Por otro lado, este marco teórico ha sido aplicado en el análisis de las dinámicas urbanas y la configuración de las ciudades. Por ejemplo, en un estudio sobre la ciudad de París, Latour y Hermant muestran cómo las infraestructuras urbanas, los documentos, los mapas y los dispositivos organizativos interactúan con los actores humanos para configurar la red de actores que da forma a la ciudad y a la especificidad de su dinámica urbana (Latour & Hermant, 1998). Así mismo, la TAR se ha utilizado en el campo de la salud y la medicina, tal como lo evidencia el trabajo de Mol, que utiliza la TAR para analizar cómo los actores humanos y no-humanos interactúan en la práctica médica y cómo estas interacciones configuran la experiencia y el tratamiento del cuerpo (Mol, 2002).

Estudios de caso de siniestros desde la TAR

La Teoría del Actor-Red (TAR) ha encontrado aplicaciones significativas en diversos campos debido a su enfoque innovador en la atribución de agencia tanto a humanos como a no-humanos. En el contexto de las ciencias de la seguridad industrial, la TAR ofrece un marco analítico poderoso para comprender las complejas interacciones entre múltiples actores, incluyendo trabajadores, tecnologías, normas, procedimientos, y materiales. A través del estudio de dos casos paradigmáticos, esta sección busca explorar posibles aplicaciones de la TAR en la seguridad industrial, ilustrando cómo esta teoría puede mejorar la comprensión y la gestión de la seguridad en entornos industriales.

El Desastre de Deepwater Horizon desde la óptica de la TAR

El desastre de Deepwater Horizon constituye uno de los mayores desastres ambientales y de seguridad industrial en la historia de Estados Unidos. Según el informe de la US Chemical Safety and Hazard Investigation Board (CSB) de 2014, el desastre involucró múltiples fallos técnicos y organizacionales que culminaron en la pérdida de 11 vidas, 17 heridos graves, y una devastación ambiental significativa.

Uno de los errores más comunes en los análisis que parten de enfoques tradicionales en las ciencias de seguridad es no abordar con suficiente amplitud el papel crucial que desempeñaron los actores no-humanos en el siniestro, específicamente los dispositivos y materiales involucrados. Un ejemplo de esto último es el dispositivo de prevención de reventones (BOP, por sus siglas en inglés), que se configura como un actante no-humano cuya falla tuvo consecuencias devastadoras. Según el informe de la CSB, el BOP, diseñado para cerrar automáticamente el pozo en caso de un aumento de presión, falló debido a un defecto mecánico.

Desde la perspectiva de la TAR, este fallo no es un error aislado, sino el resultado de una cadena de eventos que involucran diseño, mantenimiento y decisiones de implementación. Un análisis profundo del incidente debe considerar la composición física de los componentes del BOP y sus posibles efectos al interactuar con otros materiales, el historial de mantenimiento del dispositivo, las decisiones de diseño y las condiciones ambientales y operativas bajo las cuales se produjo la falla. Un dispositivo tan crítico como el BOP no puede ser visto únicamente como una “máquina fallida”, sino como *un punto nodal* de una red de interacciones entre humanos (técnicos, ingenieros, operadores), políticas de mantenimiento, herramientas, y una amplia gama de dispositivos y sistemas tecnológicos, entre otros.

Por otra parte, los sistemas de monitoreo y sensores en la plataforma también jugaron roles críticos. Estos sistemas deben ser entendidos como *actantes* que interactúan con operadores humanos y actantes no-humanos como la luz, las válvulas de control, o el propio BOP. En este sentido, los fallos en los sensores y sistemas de alarma que deberían haber alertado sobre problemas en el pozo muestran cómo la red de seguridad se vio seriamente vulnerada. En este caso, una cartografía de las controversias requeriría investigar de forma integral el diseño de estos sistemas, así como la forma en la que fueron implementados y mantenidos. Aquí, la TAR ayuda a resaltar que no solo los humanos fallaron en sus tareas, sino que la red de comunicación y acción entre humanos y no-humanos estaba comprometida.

Según el informe de la CSB, antes del accidente hubo numerosos desacuerdos entre ingenieros y gerentes sobre la frecuencia y profundidad del mantenimiento del BOP. Estas discusiones son un reflejo de cómo las restricciones presupuestarias y las decisiones organizacionales influyeron directamente en las prácticas de mantenimiento, creando un escenario que priorizaba los costos sobre la seguridad. Vistas desde la TAR estos desacuerdos

podrían comprenderse como controversias que resultan esenciales para entender cómo se configuró la red que eventualmente falló.

Rastrear estas controversias desde la TAR permite cuestionar no solo las decisiones de mantenimiento, sino también las dinámicas subyacentes de poder y negociación que las moldearon. Las restricciones presupuestarias no solo influenciaron las prácticas de mantenimiento, sino que también pusieron en evidencia una cultura organizacional que privilegiaba la producción sobre la prevención de riesgos. Adicionalmente, es crucial analizar cómo estas controversias se manifestaron en la documentación interna y en las reuniones clave, revelando una red de actores humanos y no humanos donde cada decisión técnica estaba profundamente entrelazada con consideraciones económicas y políticas.

Como se ha intentado argumentar, La TAR proporciona una perspectiva holística que va más allá de los actores humanos y sus decisiones. Este enfoque revela cómo los objetos técnicos y materiales son participantes activos en la configuración de la seguridad industrial. Un análisis profundo desde la TAR del desastre de Deepwater Horizon mostraría que los fallos no fueron simplemente errores humanos o defectos técnicos aislados, sino el resultado de una red compleja de interacciones fallidas entre una multitud de actantes.

Una mirada rápida al Desastre de Chernobyl desde la TAR

El desastre de Chernobyl en 1986 es un caso icónico que puede ser analizado utilizando la Teoría del Actor-Red para comprender las complejas interacciones entre humanos y no-humanos que llevaron al accidente. De acuerdo con el informe del International Nuclear Safety Advisory Group (INSAG) de 1992, que proporciona una actualización sobre las causas del accidente, la explosión del reactor nuclear en la planta de Chernobyl y la posterior liberación de radiación fueron el resultado de una serie de fallos técnicos, errores humanos y decisiones organizacionales.

Uno de los principales actantes no-humanos en este caso fue el reactor nuclear RBMK. Este tipo de reactor tenía un diseño inherente que permitía un aumento de reactividad en ciertas condiciones operativas, un defecto ya conocido por los ingenieros de la planta, pero que no fue resuelto con rotundidad. Por otro lado, un elemento específico del reactor RBMK que desempeñó un papel crucial fue el material de las puntas de las barras de control. Según el informe antes mencionado, estas puntas estaban hechas de grafito, un material que, en lugar de absorber neutrones y disminuir la reactividad, aumentaba la reactividad temporalmente cuando las barras eran insertadas en el núcleo. Este aumento de reactividad debido al grafito fue un factor determinante en la explosión. El grafito, en este contexto, debe ser considerado un actante no-humano significativo que influyó directamente en el curso del accidente.

Al igual que en el caso del Deepwater Horizon, los sistemas de control y monitoreo del reactor también actuaron como actantes en esta red. Los operadores humanos dependían de estos sistemas para obtener datos precisos sobre el estado del reactor. Sin embargo, debido a defectos

en los instrumentos de medición y la falta de datos críticos, los operadores no pudieron tomar decisiones informadas.

Por otro lado, las decisiones organizacionales y las políticas de gestión de la planta también son actantes importantes en este caso. La presión por parte de la administración para llevar a cabo la prueba de seguridad a pesar de las condiciones no óptimas y las advertencias de los ingenieros creó un entorno en el que se tomaron decisiones arriesgadas. En este caso, la falta de una cultura de seguridad saludable y la insuficiente formación de los operadores reflejan cómo las interacciones humanas y organizacionales contribuyeron al desastre. Un aspecto crucial del informe es la revelación de que la falla del diseño del RBMK permitió que el reactor operara con un coeficiente de vacío positivo, lo que aumentó la reactividad de manera peligrosa bajo ciertas condiciones operativas. Además, el informe INSAG-7 destaca la lenta velocidad de inserción de las barras de control de emergencia, que no fue suficiente para detener la reacción en cadena una vez que se inició.

Analizar el caso de Chernóbil desde La TAR proporciona una visión más completa y profunda de los factores que llevaron al desastre, lo que subraya la necesidad de un enfoque holístico y una postura ecléctica para prevenir futuros accidentes. Dicho análisis no solo es de utilidad para comprender mejor los eventos de Chernobyl, sino que al mismo tiempo ofrece valiosas reflexiones teóricas y metodológicas para la mejora continua de la seguridad en la industria nuclear y otras industrias de alto riesgo.

CONCLUSIONES

La integración de la Ontología Orientada a Objetos (OOO) y la Teoría del Actor-Red (TAR) en la gestión de seguridad industrial representa un enfoque innovador y profundo para abordar los complejos desafíos de los sistemas sociotécnicos modernos. La presente investigación articuló su propuesta preguntándose cómo puede la integración de la Ontología Orientada a Objetos y la Teoría del Actor-Red mejorar la gestión de seguridad en las industrias. A través del análisis y la discusión de los conceptos teóricos y estudios de caso, se han obtenido varias conclusiones clave que tienen implicaciones tanto teóricas como prácticas.

La Ontología Orientada a Objetos, a través de su principio de igualdad ontológica, desafía la perspectiva antropocéntrica tradicional en la gestión de seguridad. Al considerar todos los objetos, sean humanos o no humanos, como igualmente importantes y con agencia propia, la OOO proporciona una visión más inclusiva y holística de los sistemas de seguridad. Este enfoque permite una mejor identificación y evaluación de los riesgos al considerar las interacciones y relaciones complejas entre todos los elementos del entorno. Los conceptos de “autonomía de los objetos”, “agencia de los objetos”, y “tensión entre realidad y apariencia”, nos conducen a

reflexionar sobre la necesidad de sistemas de seguridad que puedan adaptarse y responder a dinámicas cambiantes y no lineales.

Por otra parte, la TAR complementa esta visión al proporcionar un marco metodológico para mapear y analizar las redes de relaciones entre actores humanos y no humanos. Al considerar las controversias y tensiones dentro de estas redes, la TAR permite una comprensión más rica y detallada de los factores que contribuyen a los accidentes y fallos de seguridad. La capacidad de la TAR para revelar las dinámicas internas de los sistemas sociotécnicos facilita la identificación de puntos críticos y la implementación de intervenciones más efectivas.

En términos prácticos, la integración de la OOO y la TAR en la gestión de seguridad puede conducir a la creación de sistemas más robustos y adaptativos. Los estudios de caso de Deepwater Horizon y Chernóbil ilustran la manera en que las interacciones entre humanos y no humanos pueden influir significativamente en los resultados de seguridad. En este sentido, emprender una *cartografía de las controversias* permite una mejor anticipación y mitigación de riesgos al identificar a los no humanos, fallos técnicos, decisiones organizacionales y comportamientos humanos como parte de una red integrada

Por ejemplo, en el caso de Deepwater Horizon, la consideración de la agencia de la maquinaria y los sistemas de monitoreo junto con las decisiones organizacionales podría haber llevado a una gestión más efectiva de los riesgos. La aplicación de la TAR para mapear estas interacciones podría haber identificado las tensiones y fallos potenciales antes de que se convirtieran en un desastre.

Aunque puede resultar novedoso, es importante reconocer las limitaciones de este estudio. Por un lado, la aplicación práctica de la OOO y la TAR en la gestión de seguridad industrial requeriría un cambio cultural y organizacional significativo, lo cual podría ser difícil de lograr en entornos establecidos. En torno a este punto, la resistencia al cambio y la necesidad de recursos para implementar nuevas tecnologías y metodologías pueden ser barreras importantes. Así mismo, la complejidad de mapear y analizar las interacciones en redes sociotécnicas grandes y dinámicas puede requerir un esfuerzo considerable en términos de tiempo y recursos. La cartografía de controversias, aunque útil, puede ser difícil de aplicar en entornos donde las interacciones y tensiones son fluidas y cambiantes. Sin embargo, una estrategia interesante sobre este punto podría ser la incorporación de herramientas de Inteligencia Artificial para facilitar la tarea de rastrear y mapear las controversias en sistema sociotécnicos complejos.

La integración de la Ontología Orientada a Objetos (OOO) y la Teoría del Actor-Red (TAR) en la gestión de seguridad industrial tiene el potencial de ofrecer un marco teórico y metodológico sólido y novedoso para abordar los enormes desafíos que se dibujan en presente y futuro de los sistemas sociotécnicos complejos. Esta perspectiva innovadora, que propusimos denominar "Seguridad Orientada a Objetos", desafía las visiones tradicionales al "hacerle justicia a los objetos" (Harman, 2015) en un movimiento cognitivo que reconoce la importancia y la

mutua influencia de todos los elementos involucrados en un sistema, sean humanos o no-humanos.

En definitiva, los resultados de este estudio subrayan la necesidad de desarrollar sistemas de seguridad que sean adaptativos y capaces de responder a las dinámicas emergentes del entorno. La "Seguridad Orientada a Objetos" propone sistemas que no solo podrían prevenir fallos, sino que también se adaptan y evolucionan con las condiciones cambiantes, garantizando una respuesta eficaz a eventos imprevistos. Esta adaptabilidad es crucial para enfrentar los desafíos de los sistemas modernos, donde la complejidad y la interdependencia son la norma. Implementar estos principios en la gestión de seguridad industrial puede transformar la forma en que se diseñan y gestionan los sistemas de seguridad, promoviendo una mayor resiliencia y capacidad de respuesta.

REFERENCIAS

- Antonsen, S. (2009). *Safety culture: Theory, method and improvement*. Ashgate Publishing Ltd.
- Bryant, L. (2011). *The Democracy of Objects*. Open Humanities Press.
- Capaverde, C. B., Fogaça, L., & Henriqson, É. (2023). Actor-Network Theory for Safety Science: Reassembling Social and Technical Elements. *RAE-Revista de Administração de Empresas*, 63(3), 1-20. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-759020230302x>
- Fleming, M.D., & Lardner, R.W. (2002). Strategies to promote safe behaviour as part of a health and safety management system. HSE Books ISBN 0 7176 2352 1
- Geller, E. S. (2001). Behavior-based safety in industry: Realizing the large-scale potential of psychology to promote human welfare. *Applied and Preventive Psychology*, 10(2), 87-105.
- Haavik, T. K. (2021). Debates and politics in safety science. *Reliability Engineering & Systems Safety*, 210, 107547–107547. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2021.107547>
- Harman, G. (2002). *Tool-Being: Heidegger and the Metaphysics of Objects*. Open Court.
- _____. (2015). *Hacia el realismo especulativo* (C. Iglesias, Trad.). Caja Negra Editora.
- _____. (2017). *Object-oriented ontology: A new theory of everything*. Pelican Books.
- Hollnagel, E. (2004). *Barriers and Accident Prevention* (1st ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315261737>
- Hollnagel, E. (2014). *Safety I and Safety II: The Past and Future of Safety Management*. Ashgate Publishing, Ltd.
- Latour, B. (1992). *Ciencia en acción: Cómo seguir a los científicos e ingenieros a través de la sociedad* (E. Aibar, R. Méndez, & E. Ponisio, Trans.). Editorial Labor. ISBN 84-335-5009-8.
- _____. (1996). *Aramis, or the Love of Technology*. Cambridge: Harvard University Press.
- _____. (2005). *Reensamblar lo social: una introducción a la teoría del actor-red*. Ediciones Manantial SRL, Buenos Aires. ISBN 978-987-500-114-5
- Latour, B., & Hermant, E. (1998). *Paris: Invisible City*. Disponible en: <http://www.bruno-latour.fr/virtual/index.html>
- Latour, B., & Woolgar, S. (1979). *Laboratory Life: The Construction of Scientific Facts*. Princeton University Press.
- Mol, A. (2002). *The Body Multiple: Ontology in Medical Practice*. Durham: Duke University Press.
- Morton, T. (2013). *Realist Magic: Objects, Ontology, Causality*. Michigan Publishing.}
- Nemeth, C. P. (2008). Resilience engineering: The birth of a notion. En E. Hollnagel, C. P. Nemeth, & S. Dekker (Eds.), *Resilience engineering perspectives, Volume 1: Remaining sensitive to the possibility of failure* (pp. 3-9). CRC Press.

US Chemical Safety and Hazard Investigation Board. (2014). *Investigation report: Explosion and fire at the Macondo well* (Report No. 2010-10-I-OS).

https://www.csb.gov/assets/1/20/macondo_report.pdf