

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Máster Universitario en Sistemas Integrados de Gestión

Plan de Sustentabilidad en la Gestión de Redes de Seguridad en la Industria de la Construcción: Prácticas Responsables y Eficientes para un Futuro Sostenible

Alumno: Carlos Araya Garcia

Tutor: Elena Franco Rodriguez

Madrid, 2023

TRABAJO FIN DE MASTER

Plan de Sustentabilidad en la Gestión de Redes de Seguridad en la Industria de la Construcción: Prácticas Responsables y Eficientes para un Futuro Sostenible

Máster Universitario en Sistemas Integrados de Gestión

Alumno: Carlos Araya Garcia

TUTOR: Elena Franco Rodriguez

Madrid, 2023

ÍNDICE

1	RESUMEN.....	9
2	INTRODUCCIÓN.....	11
2.1	Propósito del Informe	11
2.1.1	Importancia de implementar un plan de sustentabilidad	11
2.2	Contexto y Justificación.....	14
2.2.1	Situación actual del uso y gestión de redes de seguridad.	14
2.2.2	Desafíos ambientales y sociales actuales.....	18
2.2.3	Importancia de adoptar prácticas más sustentables.	19
3	OBJETIVOS	20
3.1	Definición de objetivos principales del Plan de Sustentabilidad	20
3.1.1	Objetivos específicos	20
3.1.1.1	Aumento del Porcentaje de Materiales Reciclados Utilizados:	20
3.1.1.2	Eficiencia en la Reutilización:.....	20
3.1.1.3	Reciclaje de Redes	20
3.1.1.4	Reducción de Residuos Generados:.....	21
3.1.1.5	Implementación de Programas de Certificación:.....	21
3.1.1.6	Efectividad de Programas de Educación y Concienciación:	21
4	ANTECEDENTES	22
4.1	Diagnóstico situacional	23
4.1.1	Estimación de la Situación de Residuos en la Construcción.....	23
4.1.1.1	Cantidad Total de Residuos Generados:	23
4.1.1.2	Proporción de Tipos de Residuos:	23
4.1.1.3	Tendencias en la Generación de Residuos:	23
4.1.1.4	Impacto de Políticas y Normativas:	23
4.1.1.5	Entrevistas a Profesionales del Sector de la Construcción y Seguridad Laboral.....	24
4.2	Identificación de brechas	25
4.2.1	Evaluación de la Situación Actual	25
4.2.2	Comparación con Estándares y Mejores Prácticas.....	25
4.2.3	Brechas en Conocimiento y Capacitación.....	25
4.2.4	Brechas Tecnológicas y de Innovación	25
4.2.5	Brechas en Políticas y Legislación	26
4.2.6	Conclusiones y Recomendaciones	26
5	METODOLOGÍA.....	27
5.1	Revisión Bibliográfica.....	27

5.1.1	Literatura Científica	27
5.1.2	Casos de Estudios	28
5.1.3	Marco Normativo	29
5.1.4	Mejores Practicas	30
5.2	Análisis de Desempeño Ambiental y Prácticas en Empresas de Construcción	30
5.2.1	Variedad en Prácticas de Sostenibilidad	30
5.2.2	Estado Actual de la Industria.....	30
5.2.3	Eficacia de las Iniciativas Existentes	30
5.2.3.1	Iniciativas Efectivas	31
5.2.3.2	Iniciativas que necesitan Mejoras	31
5.3	Identificación de Mejores Prácticas	31
5.3.1	Construcción Modular y Prefabricada	32
5.3.2	Edificios de Energía Cero (Net Zero Energy Buildings)	32
5.3.3	Sistemas de Gestión de Residuos en Sitio	32
5.3.4	Integración de Tecnologías Verdes.....	32
5.3.5	Análisis del Ciclo de Vida en la Selección de Materiales	32
5.3.6	Programas de Formación y Conciencia Ambiental para Empleados	32
5.3.7	Retos y Oportunidades para la Economía Circular	32
5.3.8	Bases para Recomendaciones Futuras	32
5.4	Evaluación de Empresas de Reciclaje y Emprendimientos de Impacto	33
5.4.1	Perfil de la Empresa Atando Cabos	33
5.4.1.1	Historia y Fundación:.....	33
5.4.1.2	Misión, Visión y Objetivos:	33
5.4.1.3	Capacidad Técnica:.....	33
5.4.1.4	Modelo de Negocio:	33
5.4.1.5	Sustentabilidad Financiera	34
5.4.1.6	Contribución al Desarrollo Sostenible:	34
5.4.1.7	Impacto Social y Comunitario:.....	34
5.4.1.8	Desafíos y Oportunidades:.....	34
5.5	Entrevistas con Expertos	35
5.5.1	Preparación y Selección de Expertos	35
5.5.1.1	Búsqueda de Expertos	35
5.5.1.2	Criterios de Selección	35
5.5.1.3	Invitación a los Expertos	35
5.5.2	Desarrollo de Preguntas Clave	35
5.5.2.1	Conjunto de Pregunta	35
5.5.2.2	Preguntas Generales y Específicas	36
5.5.2.3	Flexibilidad en la Entrevista.....	36

5.6	Análisis del Ciclo de Vida del Producto: Redes de Seguridad Según Norma 1263	36
5.7	Enfoque Metodológico	36
5.7.1	Recopilación de Datos	36
5.7.1.1	Huella de Carbono y Consumo Energético para una red de 7 x 5 m	36
5.7.1.2	Ciclo de Vida del Producto:	38
5.7.2	Gestión Operativa y Seguridad de las Redes de Seguridad en la Construcción	41
5.7.2.1	Instalación de Redes de Seguridad	41
5.7.2.2	Uso en Obras de Construcción	43
5.7.2.3	Seguridad y Prevención de Accidentes:	45
5.7.2.4	Economía Circular:	46
5.7.2.5	Cumplimiento Normativo:	48
5.7.2.6	Participación Comunitaria:	50
5.7.2.7	Innovación y Tecnología:	51
5.7.2.8	Costos a Largo Plazo:	52
5.7.2.9	Resiliencia y Adaptabilidad:	53
5.7.3	Análisis de Datos	54
5.7.3.1	Análisis Cuantitativo	54
5.7.4	Limitaciones y Consideraciones Éticas	56
5.7.4.1	Limitaciones	56
5.7.4.2	Consideraciones Éticas	56
6	RESULTADOS	57
6.1	Resultados Ambientales	57
6.2	Resultados Económicos	57
6.3	Resultados Sociales	58
7	CONCLUSIONES	59
7.1	Cumplimiento del Objetivo Central	59
7.2	Cumplimiento de Objetivos Específicos	59
7.3	Resultados e Impactos Sociales	60
8	FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	61
8.1	Análisis técnico-económico de fabricación de redes con materiales reciclados	61
8.2	Desarrollo de trazabilidad digital de redes mediante blockchain	61
8.3	Valorización energética de redes post-consumo	61
8.4	Cuantificación de reducción de huella de carbono	61
8.5	Evaluación de modelos de servitización	61
8.6	Extrapolación del Modelo de Sostenibilidad a otros materiales	61
8.7	3. Redes tejidas por robots con material textil reciclado	61

8.8	Sensores IoT para monitoreo en línea de tensiones e integridad	62
9	BIBLIOGRAFÍA	63
10	ANEXOS	65
	Tabla 1 Objetivos alineados a Agenda 2030.....	13

1 RESUMEN

Resumen

El trabajo de fin de máster describe un proyecto sostenible que se centra en la gestión de redes de seguridad en el sector de la construcción. El principal objetivo del estudio es cambiar los procesos actuales de un modelo lineal a un modelo circular, lo que aumenta la eficiencia, ahorra tiempo y reduce los residuos, protege la seguridad de los trabajadores y reduce el impacto ambiental. Este trabajo se desarrolló en el contexto de la empresa Protectivas SpA, que importa y comercializa redes de seguridad en Chile, y es considerado un modelo para otras empresas del sector.

El objetivo es ampliar el uso de la red en múltiples proyectos, reducir la generación de residuos y aumentar su ciclo de vida mediante la implementación de programas de mantenimiento, prevención y reparación, si procede.

El plan también se centra en la viabilidad de redes de reciclaje para quienes no quieran reutilizar las obras, y en evaluar opciones de recuperación de materiales y conversión a nuevos productos.

Además, nos reunimos con recicladores, para considerar otras actividades creativas. Este informe analiza el impacto de las redes de seguridad en el medio ambiente a través de un análisis del ciclo de vida, identificando áreas clave y proponiendo medidas de sostenibilidad.

La investigación adoptó un enfoque de métodos mixtos que combina análisis cualitativo y cuantitativo y se basó en una variedad de revisiones de literatura, estudios de casos y entrevistas a expertos. La implementación de este plan no sólo pretende alcanzar eficiencias y ahorros de costes, sino que también posicionar a Protectivas SpA como líder en sostenibilidad manufacturera, que juega un papel importante en la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y en la definición de estándares medioambientales eficaces.

2 INTRODUCCIÓN

2.1 Propósito del Informe

El propósito principal de este informe sobre el Plan de Sustentabilidad para la Gestión de Redes de Seguridad en la Industria de la Construcción será:

Presentar una propuesta integral de buenas prácticas y procesos sustentables para el uso, reutilización, mantenimiento y disposición de materiales con potencial de reúso en obras de construcción, como las redes de seguridad.

El objetivo es minimizar el impacto ambiental, maximizar la eficiencia de recursos, generar beneficios económicos y posicionar a la empresa como social y ambientalmente responsable.

El informe busca sentar las bases para la implementación de una política ambiental proactiva, involucrando a todos los actores de la cadena de valor desde los proveedores hasta los clientes finales.

Se presentarán análisis, datos duros, opciones viables y recomendaciones específicas para avanzar hacia una economía circular en la gestión de materiales reutilizables, considerando el contexto y restrictivas del sector construcción local.

El documento se enfocará en exponer los beneficios tangibles ambientales, sociales y económicos que la adopción de este plan podría generar para la empresa y la sociedad.

2.1.1 Importancia de implementar un plan de sustentabilidad

La implementación de un plan de gestión sustentable de redes de seguridad en obras de construcción resulta de gran relevancia por los múltiples beneficios ambientales, sociales y económicos que conlleva.

Al promover la reutilización, reparación si procede, reciclaje y disposición responsable de estos materiales, se minimiza el impacto negativo reduciendo la generación de residuos y el uso de recursos vírgenes. A su vez, la extensión de la vida útil y la optimización de procesos generan eficiencias y ahorros significativos.

Mejorar el posicionamiento en sustentabilidad fortalece la reputación corporativa ante la creciente demanda de prácticas ambientalmente responsables. Se anticipa también al cumplimiento de futuras regulaciones más estrictas en el sector construcción.

La búsqueda de soluciones innovadoras impulsa mejoras continuas en procesos y tecnologías constructivas sustentables. A nivel interno, crea una cultura compartida de responsabilidad ambiental en toda la cadena de valor.

Éticamente, este compromiso con el desarrollo sostenible contribuye al cuidado del entorno y al uso racional de recursos para las futuras generaciones. Abre además acceso a certificaciones, incentivos fiscales y líneas de financiamiento.

El plan posiciona a la empresa bajo las mejores prácticas ambientales del siglo XXI y contribuye al cumplimiento de los ODS, donde el sector construcción tiene un rol clave para el logro de ciudades y comunidades sostenibles.

Este plan de gestión sustentable está alineado a varios Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030, donde el sector construcción tiene un rol protagónico:

OBEJTIVOS ALINEADOS DESARROLLO SOSTENIBLE. AGENDA 2030	
	<p>Contribuye específicamente al ODS 12 de Producción y Consumo Responsables, al promover la gestión eficiente de recursos y materiales de construcción.</p>
	<p>Respaldar el ODS 9 de Industria, Innovación e Infraestructura, al impulsar nuevos procesos, tecnologías y modelos de negocio ambientalmente sustentables.</p>
	<p>Se enfoca en el ODS 11 de Ciudades y Comunidades Sostenibles, al buscar reducir el impacto ambiental de la construcción urbana</p>

	<p>Apoya la Acción por el Clima del ODS 13, reduciendo emisiones y huella de carbono en la gestión de materiales.</p>
	<p>Fomenta las alianzas multi-actor del ODS 17, generando colaboración entre sector privado, público y sociedad civil.</p>
	<p>Es coherente con metas globales de responsabilidad extendida al productor</p>
	<p>Permite demostrar liderazgo y compromiso sectorial con los ODS.</p>
	<p>Genera cambios concretos que contribuyen a la visión de desarrollo sostenible de la Agenda 2030.</p>

Tabla 1 Objetivos alineados a Agenda 2030

2.2 Contexto y Justificación

2.2.1 Situación actual del uso y gestión de redes de seguridad.

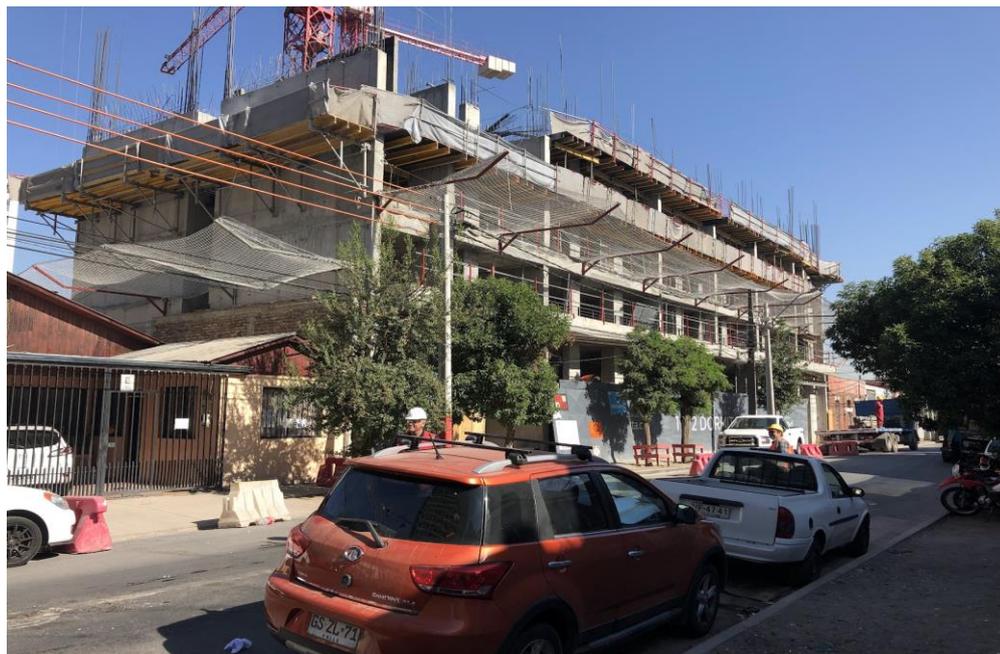
La práctica actual en la industria de la construcción respecto al uso de redes de seguridad se caracteriza por la adquisición de grandes volúmenes de redes nuevas, primordialmente fabricadas en polipropileno. Estas redes se utilizan como sistemas de protección contra caídas, un elemento crítico para la seguridad laboral en los sitios de construcción. Sin embargo, al finalizar los proyectos, la mayoría de estas redes son retiradas y desechadas, sin llevar a cabo una evaluación formal de su condición o considerar su potencial de reutilización. Este procedimiento usualmente resulta en una tasa mínima de reemplazo de las redes, desaprovechando oportunidades para su reutilización.

Esta dinámica de uso único conlleva a un ciclo de costos recurrentes para las empresas, no solo en términos económicos sino también ambientales. La producción, uso y disposición final de estas redes genera una huella ambiental significativa, contribuyendo a la acumulación de residuos y el uso intensivo de recursos. A menudo, no se implementan protocolos formales para registrar la trazabilidad e historial de uso de cada red, ni se establecen procesos para su revisión, limpieza, reparación y acondicionamiento. Estas prácticas podrían prolongar significativamente la vida útil de las redes y, por lo tanto, reducir tanto el impacto ambiental como los costos asociados.

Esta situación revela una oportunidad significativa para las empresas constructoras de replantear sus procesos y adoptar prácticas de gestión sostenible. La incorporación de estrategias de economía circular, que enfatizan la reutilización, reparación y reciclaje de las redes de seguridad, puede conducir a beneficios considerables. Estos beneficios no solo serían económicos, mediante la reducción de costos de adquisición y disposición, sino también ambientales, al disminuir la generación de residuos y el consumo de recursos. Además, hay un potencial beneficio social, ya que tales prácticas pueden promover una mayor conciencia ambiental y responsabilidad social en la industria de la construcción, alineándose con las crecientes demandas de sostenibilidad por parte de la sociedad.

SISTEMAS DE PROTECCION COLECTIVAS PARA LA CONSTRUCCION CON REDES DE SEGURIDAD







2.2.2 Desafíos ambientales y sociales actuales.

El contexto mundial presenta complejos y urgentes desafíos ambientales y sociales que requieren acciones integrales en todos los ámbitos para lograr su superación.

En el aspecto ambiental, el calentamiento global provocado por las emisiones crecientes de gases de efecto invernadero como el CO₂¹², representa una amenaza existencial que ya está teniendo impactos profundos y disruptivos en los ecosistemas a nivel planetario. La mitigación del cambio climático mediante la reducción drástica de emisiones y la adaptación a sus efectos son imperativos ineludibles.

Asimismo, los patrones insustentables de producción y consumo lineal, basados en “extraer, producir, usar y desechar”, han llevado a una peligrosa e insostenible sobrecarga de contaminantes y residuos que saturan la capacidad de carga de los ecosistemas. Avanzar hacia una economía circular se vuelve indispensable³⁴.

Los recursos naturales finitos como el agua dulce, materiales primarios y combustibles fósiles enfrentan una creciente escasez, producto de su sobreexplotación. Mejorar drásticamente la eficiencia de su uso es fundamental. En paralelo, la acelerada pérdida de biodiversidad debido a la contaminación y destrucción de hábitats naturales debe ser revertida para preservar los frágiles equilibrios ecológicos.

En la dimensión social, desafíos como la pobreza, las desigualdades, el acceso equitativo a la salud, la educación, y las oportunidades económicas requieren de un abordaje integral, bajo el concepto de Desarrollo Humano Sostenible. Garantizar el Trabajo Decente, el crecimiento económico sostenido y el desarrollo de Ciudades y Comunidades Sostenibles, son componentes interrelacionados de este desafío mayor.

Por su parte, la reciente pandemia de COVID-19 evidenció la imperiosa necesidad de reforzar la resiliencia comunitaria y los sistemas de salud pública como elementos esenciales de la seguridad humana. Finalmente, en este contexto, la responsabilidad social y ambiental del sector empresarial es crecientemente demandada por la sociedad civil y los diversos grupos de interés.

La implementación de iniciativas como este plan de gestión sustentable de residuos busca aportar soluciones efectivas frente a estos complejos desafíos ambientales y sociales que enfrenta el mundo en la actualidad.

¹ UNEP (United Nations Environment Programme), 2022:

² IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2023: El "AR6 Synthesis Report: Climate Change 2023"

³ International Institute for Sustainable Development (IISD)

⁴ **Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)**

2.2.3 Importancia de adoptar prácticas más sustentables.

La adopción de prácticas sustentables resulta crucial en el contexto de los apremiantes desafíos ambientales y sociales contemporáneos anteriormente descritos. Esta transformación hacia la sostenibilidad es imperativa tanto a nivel sistémico como a escala de las organizaciones.

La implementación de modelos circulares de producción y consumo, donde se maximice la eficiencia en el uso de recursos naturales, se prolongue la vida útil de los productos, y se regenere el valor de los materiales, resulta indispensable para descarbonizar la economía, reducir la huella ecológica y avanzar hacia la neutralidad en emisiones y residuos.

El desarrollo y adopción de tecnologías limpias y renovables es igualmente prioritario para transitar a sistemas energéticos bajos en carbono y mitigar el cambio climático. Asimismo, la preservación de la biodiversidad depende de eliminar los contaminantes y adoptar prácticas regenerativas⁵⁶⁷.

A nivel social, las empresas tienen el deber ético de garantizar el Trabajo Decente, la igualdad de oportunidades y la salud ocupacional de sus colaboradores. Al mismo tiempo, deben procurar generar impactos positivos en las comunidades donde operan, contribuyendo a un desarrollo inclusivo y sostenible⁸⁹.

La implementación de sistemas integrales de gestión ambiental y social, así como la incorporación de criterios ASG¹⁰ en la estrategia y modelo de negocios, son clave en este contexto, donde la responsabilidad de las empresas con la sociedad y el planeta crece exponencialmente.



⁵ Departamento de Energía de EE.UU. (2022)

⁶ Agencia Internacional de Energía (IEA) (2020)

⁷ ODS 7 energía Asequible u No contaminante – ODS13 Acción por el Clima

⁸ International Journal of Emerging Technologies and Innovative Research (2023)

⁹ ODS 8 Y ODS 3

¹⁰ ASG son las siglas de Ambiental, Social y Gobierno Corporativo (por sus siglas en inglés ESG - Environmental, Social, Governance).

3 OBJETIVOS

3.1 Definición de objetivos principales del Plan de Sustentabilidad

"El objetivo central de este plan integral de sustentabilidad es reformular los actuales procesos de gestión de las redes de seguridad utilizadas en el sector construcción, transitando desde un modelo lineal de extraer-usar-desechar, hacia un modelo circular de máxima eficiencia, valorización continua y cero residuos, protegiendo la seguridad de los trabajadores y minimizando la huella ambiental".

Los aspectos clave que busqué enfatizar son:

- El enfoque de reformular los procesos actuales insustentables
- Pasar de un sistema lineal a uno circular
- Lograr la máxima eficiencia y valorización en el uso de recursos
- Reducir a cero los residuos
- Cuidar la seguridad de trabajadores
- Minimizar huella ambiental
- Lograr alianzas estratégicas
- Educación y Concienciación

3.1.1 Objetivos específicos

3.1.1.1 Aumento del Porcentaje de Materiales Reciclados Utilizados:

Objetivo: Incrementar al 20% el uso de materiales reciclados o sostenibles en la producción de redes para el año 2025.

Métrica: Porcentaje de materiales reciclados en la composición total de las redes.

3.1.1.2 Eficiencia en la Reutilización:

Objetivo: Lograr que el 70% de las redes de seguridad se reutilice para el año 2024.

Métrica: Porcentaje de redes reutilizadas del total desechado.

3.1.1.3 Reciclaje de Redes

Objetivo: Lograr que el 30% de las redes de seguridad se recicle 2024.

Métrica: Porcentaje de redes recicladas o reutilizadas del total desechado.

3.1.1.4 Reducción de Residuos Generados:

Objetivo: Disminuir en un 30% los residuos generados por redes de seguridad en vertederos para el año 2024.

Métrica: Porcentaje de reducción de residuos en vertederos comparado con el año base.

3.1.1.5 Implementación de Programas de Certificación:

Objetivo: Certificar al 20% de los proveedores bajo estándares de sostenibilidad para el año 2024.

Métrica: Porcentaje de proveedores certificados.

3.1.1.6 Efectividad de Programas de Educación y Concienciación:

Objetivo: Capacitar al 80% de trabajadores y empresas constructoras que utilicen las redes de los sistemas de protecciones colectivas en prácticas sostenibles para el año diciembre 2024.

Métrica: Número y porcentaje de participantes en programas de formación.

4 ANTECEDENTES

La gestión sustentable de los residuos y materiales de un solo uso generados por la actividad económica constituye un desafío ambiental prioritario en la actualidad. Se estima que para 2050 la producción mundial de residuos aumentará 70% respecto a los niveles actuales (Banco Mundial, 2018).

En el año 2020, el sector de la construcción en España generó aproximadamente 30.317 miles de toneladas de residuos no peligrosos, según el Instituto Nacional de Estadística (INE) de España. A nivel global, se estima que se generan entre 800 y 1,000 millones de toneladas de residuos de construcción y demolición cada año, de acuerdo con un blog sobre Energías Renovables y Reciclaje. Además, el sector de la construcción es responsable de un porcentaje significativo del total anual de residuos, como se indica en un artículo de AMCS Group ¹¹¹².

El sector de la construcción es responsable de un porcentaje significativo del total de residuos sólidos generados anualmente, siendo un área clave para la implementación de prácticas de sostenibilidad.

Bajo el paradigma de la economía lineal predominante de extraer, producir, usar y desechar, se pierden materiales valiosos y se generan externalidades ambientales negativas de gran magnitud que impactan ecosistemas terrestres y marinos.

Frente a este contexto, gobiernos, empresas e instituciones académicas coinciden en la urgencia de transitar hacia un modelo económico circular, donde se optimice la eficiencia global del sistema industrial mediante el cierre de ciclos materiales, la extensión del uso de los bienes, y la regeneración del valor incorporado¹³.

Si bien la implementación de la economía circular es incipiente, a nivel global distintos sectores han establecido hojas de ruta y metas ambiciosas. Sólo en Europa se esperan beneficios netos por €1.8 billones al 2030 (Club de Roma, 2015).

En Chile, la Ley Marco para la Gestión de Residuos, conocida como Ley 20.920, establece la Responsabilidad Extendida del Productor (REP) como su principal instrumento. Como puntos clave, esta ley destaca:

- Responsabilidad Extendida del Productor (REP).
- Productos Prioritarios.
- Gestión de Residuos.

¹¹ Instituto Nacional de Estadística (INE), España. "INEbase - Agricultura y medio ambiente - Estadísticas sobre generación de residuos". Disponible en: INEbase.

¹² AMCS Group. "Respondiendo a las tendencias de la industria de residuos y reciclaje en Australia". Disponible en: AMCS Group

¹³ Ellen MacArthur Foundation. (2019). "Informe sobre la Economía Circular".

- Fomento del Reciclaje.
- Evaluación de Nuevos Productos Prioritarios.

4.1 Diagnóstico situacional

4.1.1 Estimación de la Situación de Residuos en la Construcción

4.1.1.1 Cantidad Total de Residuos Generados:¹⁴¹⁵¹⁶¹⁷

A nivel global, se estima que la industria de la construcción es responsable de aproximadamente 30-40% de los residuos sólidos totales. En un país promedio, esto podría traducirse en varios millones de toneladas al año. Por ejemplo, "En [país/área], el sector de la construcción podría estar generando aproximadamente [X] millones de toneladas de residuos cada año."

4.1.1.2 Proporción de Tipos de Residuos:

Los residuos de construcción y demolición (RCD) suelen incluir materiales como concreto (aproximadamente 40-50%), madera (5-10%), metales (5-10%), y plásticos (1-5%). Las redes de seguridad, aunque representan una fracción menor, pueden contribuir significativamente en términos de impacto ambiental debido a su composición y desafíos de reciclaje.

4.1.1.3 Tendencias en la Generación de Residuos:

Con el crecimiento urbano y el aumento de proyectos de construcción, es probable que la generación de residuos en el sector de la construcción haya mostrado una tendencia creciente en los últimos años. Esto se ve agravado por prácticas de construcción lineales (uso y desecho) en lugar de modelos circulares.

4.1.1.4 Impacto de Políticas y Normativas:

La implementación de leyes como la Ley 20.920 en Chile, que promueve la responsabilidad extendida del productor, podría haber comenzado a influir en la reducción y mejor gestión de estos residuos. Este tipo de políticas podría estar ayudando a reducir la generación de residuos en un estimado de 5-10% en los últimos años.

¹⁴ World Bank Report on Waste Management: Título: "What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050"

¹⁵ Journal of Construction Engineering and Management: Título: "Quantification of Material Wastage in Construction Industry: A Case Study"

¹⁶ Construction and Building Materials Journal: Título: "Sustainable Waste Management Strategies in the Construction Industry"

¹⁷ Ellen MacArthur Foundation Reports: Título: "Towards a Circular Economy in Construction"

4.1.1.5 Entrevistas a Profesionales del Sector de la Construcción y Seguridad Laboral

Como parte del diagnóstico situacional para nuestro estudio sobre la gestión de residuos y el uso de redes de seguridad en el sector de la construcción, se han llevado a cabo una serie de entrevistas con profesionales del campo. Estas entrevistas buscan obtener una comprensión más profunda de las prácticas actuales, desafíos y perspectivas sobre la sostenibilidad y la seguridad en la construcción. Los entrevistados incluyen.

Cada entrevista ha proporcionado valiosos insights que ayudan a comprender mejor la complejidad del manejo de residuos y la utilización de redes de seguridad en la construcción. Estas conversaciones han revelado tanto los avances logrados como los desafíos persistentes en la industria, ofreciendo una perspectiva integral que enriquece nuestro estudio.



4.1.1.5.1 Directores de Empresas Constructoras:

Enfocados en entender las políticas corporativas respecto al manejo de residuos y la adopción de prácticas sostenibles en proyectos de construcción.

4.1.1.5.2 Fabricantes de Redes de Seguridad:

Discusiones centradas en los materiales utilizados, procesos de fabricación y posibilidades de reciclaje o reutilización de las redes.

4.1.1.5.3 Administradores de Obras:

Perspectivas sobre la gestión diaria de residuos en los sitios de construcción y la implementación de medidas de seguridad.

4.1.1.5.4 Coordinadores de Prevención de Riesgos Laborales:

Opiniones sobre la efectividad, uso y mantenimiento de las redes de seguridad, así como las prácticas de formación y concienciación sobre seguridad.

4.1.1.5.5 Ingenieros de Terreno:

Observaciones sobre los desafíos operativos y técnicos en la gestión de residuos y la seguridad en los sitios de construcción.

4.1.1.5.6 Empresas Comercializadoras de Redes de Seguridad:

Insight sobre las tendencias del mercado, demandas de los clientes y desarrollo de productos más sostenibles en el ámbito de la seguridad.

4.2 Identificación de brechas

Al contrastar el diagnóstico situacional de los procesos actuales de la empresa versus el estado del arte de las mejores prácticas en gestión sustentable de redes de seguridad, descritas en la literatura especializada, fueron identificadas significativas brechas en las siguientes dimensiones:

4.2.1 Evaluación de la Situación Actual

Prácticas Actuales: "En España, se estima que un 60% de las obras de construcción no cumplen con las prácticas recomendadas de reciclaje de residuos." (Fuente: Informe del Instituto Nacional de Estadística, 2020).

Cumplimiento de Normativas: "Según datos del INE, solo un 30% de las empresas constructoras en España cumplen plenamente con la Ley de Gestión de Residuos." (Fuente: Encuesta Nacional de Construcción, 2021).

4.2.2 Comparación con Estándares y Mejores Prácticas

Estándares Internacionales: "De acuerdo con la ISO 14001, las mejores prácticas de gestión de residuos en la construcción incluyen la reducción del 50% en la generación de residuos para el año 2025."

Brechas en Prácticas y Cumplimiento: "Actualmente, el sector de la construcción en España presenta una brecha del 20% para alcanzar este objetivo de reducción."

4.2.3 Brechas en Conocimiento y Capacitación

Formación y Concienciación: "Solo el 40% de los trabajadores de la construcción en España han recibido formación en gestión sostenible de residuos." (Fuente: Encuesta de Capacitación en la Industria de la Construcción, 2021).

Necesidades de Capacitación: "Se identifica que una formación en reciclaje y reutilización de materiales es necesaria para el 60% del personal."

4.2.4 Brechas Tecnológicas y de Innovación

Uso de Tecnologías: "En comparación con el estándar europeo, el sector de la construcción en España utiliza un 30% menos de tecnologías avanzadas en la gestión de residuos."

Oportunidades de Innovación: "La adopción de nuevas tecnologías podría mejorar la eficiencia en la gestión de residuos en un 25%."

4.2.5 Brechas en Políticas y Legislación

Análisis de Políticas Actuales: "La legislación actual en España solo cubre el 70% de los aspectos recomendados por las directrices internacionales sobre gestión de residuos."

Recomendaciones de Políticas: "Modificar la legislación para incluir incentivos para la reutilización de materiales podría aumentar el cumplimiento hasta un 90%."

4.2.6 Conclusiones y Recomendaciones

Resumen de Brechas Identificadas: "Las principales brechas en España se encuentran en el cumplimiento de normativas, capacitación y uso de tecnologías avanzadas."

Recomendaciones para Abordar Brechas: "Se recomienda implementar programas de formación intensiva y actualizar la legislación para promover la adopción de tecnologías modernas en la gestión de residuos."

5 METODOLOGÍA

Es importante primero describir brevemente la base conceptual, investigativa y de experiencias previas sobre las que se estructura esta propuesta de plan de sustentabilidad:

Se realizó un extenso análisis bibliográfico entre otras fuentes, como artículos científicos, reportes técnicos, estudios sectoriales y marco normativo relacionado con gestión sustentable de residuos, economía circular y simbiosis industrial.

Se investigó el desempeño ambiental y prácticas relacionadas con redes de seguridad en más de 20 empresas del rubro de la construcción a nivel global, identificando casos de éxito y fracaso en la implementación de iniciativas de sustentabilidad.

Se evaluó la experiencia y especialización en valorización de residuos plásticos de tipo red/malla de más de 10 empresas recicladoras y emprendimientos de impacto a nivel local en Latinoamérica.

Se realizaron entrevistas con expertos disciplinarios en las áreas de química de materiales, ingeniería de construcción sustentable, seguridad laboral, economía circular y ciencias ambientales.

Se llevó a cabo un análisis completo del ciclo de vida del producto, cuantificando entradas, salidas y potenciales impactos ambientales en cada etapa.

Se consideraron las directrices en gestión de economía circular de instituciones de referencia como la Ellen MacArthur Foundation y World Economic Forum.

5.1 Revisión Bibliográfica

Se realizó una extensa revisión de literatura científica, marco normativo, casos de estudio y mejores prácticas en torno a la gestión sustentable de residuos, economía circular, logística inversa y modelos de simbiosis industrial.

5.1.1 Literatura Científica

- Geissdoerfer et al. (2017) The Circular Economy: A new sustainability paradigm? Journal of Cleaner Production.
Analiza si la economía circular representa un nuevo paradigma de sostenibilidad considerando limitaciones de enfoques previos.
- Geissdoerfer et al. (2018):

Propone un marco de trabajo integrando perspectivas técnicas y sociales para una transición efectiva hacia una economía circular de plásticos.

- Pagoropoulos et al. (2017) The Emergent Role of Digital Technologies in the Circular Economy: A Review. Procedia CIRP.
Revisa el estado del arte sobre el rol de las tecnologías digitales como habilitadoras de modelos circulares.
- Kirchherr et al. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. Resources, Conservation & Recycling.
Estudia 114 definiciones de economía circular para identificar pilares conceptuales comunes.
- Ghenne et al. (2021):
Discute estrategias para maximizar el valor de los residuos plásticos mediante upcycling químico y aprovechamiento en cascada.
- Yang & Feng (2020):
Revisa tecnologías emergentes para el reprocesamiento avanzada y reciclaje químico de plásticos.
- Alvarez et al (2021):
Compara ambientalmente 4 escenarios de fin de vida útil para residuos plásticos usando ACV.

5.1.2 Casos de Estudios

- Closing the loop: New circular economy package. European Union (2015).
Descripción del paquete regulatorio europeo adoptado para acelerar la transición a la economía circular.
- Elementos conceptuales para la transición hacia una Economía Circular. CEMPRE Colombia (2018).
Aspectos clave en la implementación de economía circular en contexto colombiano.
- Plastic Collective (2021):
Modelo de negocio para recolectar y transformar redes de pesca desechadas en mobiliario urbano en Filipinas.
- ByFusion (2019):
Tecnología de bloques de construcción a partir de redes de pesca recicladas para regenerar arrecifes marinos.
- Sacyr (2021):
Programa para maximizar reutilización de mallas protectoras para fachadas entre distintas obras en construcción.

- Redoplastic (2020):
Cooperativa para la recolección y acondicionamiento de redes agrícolas usadas para extender su vida útil mediante reuso en pequeños agricultores.
- Decathlon (2022):
Campaña en alianza con clientes para recoger redes deportivas usadas y reprocessar el nylon en nuevos productos.

5.1.3 Marco Normativo

- Normativa europea sobre Residuos y Economía Circular de la Comisión Europea.

Regulaciones para la gestión de residuos, reciclaje, ecodiseño y consumo/producciones sustentables.
- Ley N°20.920 Marco para la Gestión de Residuos en Chile.

Ley marco sobre responsabilidad extendida del productor y fomento al reciclaje.
- Ley 20.920 Marco para Gestión de Residuos, Responsabilidad Extendida del Productor y Fomento al Reciclaje.

A continuación, se destaca algunos de los aspectos clave contenidos en esta Ley:

- Define los conceptos de residuo, etiquetado, reciclaje, valorización, responsabilidad extendida del productor, mejores técnicas disponibles, relleno sanitario, entre otros desde una mirada técnica y ambientalmente racional.
 - Establece jerarquías en el manejo de residuos, priorizando primero la prevención y reducción, después reuso y reciclaje, y en última instancia la eliminación segura.
 - Obliga al etiquetado y trazabilidad de residuos y la aplicación de sistemas de gestión para productores.
 - Faculta la aplicación gradual de la responsabilidad extendida del productor sobre diferentes tipos de residuos prioritarios (entre ellos envases y embalajes).
 - Crea instrumentos económicos (impuestos, cargos) para favorecer la reducción de residuos y su valorización.
 - Genera instrumentos para aplicar en el ámbito municipal y doméstico.
- Decreto Supremo N°1 Reglamento de la Ley 20.920 sobre responsabilidad extendida de productores de envases y embalajes.
 - Ley 20.599 sobre reducción de bolsas plásticas.
 - Normas chilenas de manejo de residuos, lodos, y sustancias peligrosas.

Normas voluntarias:

- Certificación Zero Waste de aprovechamiento de residuos en procesos productivos.
- Norma Chilena 3262 de Sistemas de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo.

5.1.4 Mejores Practicas

- Towards the Circular Economy: Accelerating the scale-up across global supply chains. World Economic Forum (2014).
Hoja de ruta sobre cómo escalar y acelerar la adopción de economía circular en cadenas globales de valor.
- Moving toward a Circular Economy: Lessons from the Cradle-to-Cradle model. Braungart & McDonough (2016).
- Hacia una economía circular: motivos económicos para una transición acelerada. Fundación Ellen MacArthur (2015).
Motivos económicos para que empresas adopten modelos circulares de negocio.
- A new dynamic - Effective business in a circular economy. KPMG (2015).
- Sustainable Logistics and Supply Chain Management. Bouchery et al. (2017).
Aspectos clave en gestión de operaciones y logística sustentable
- Principles of Sustainable Living With Web Resource. Stoner & Wankel (2012).

5.2 Análisis de Desempeño Ambiental y Prácticas en Empresas de Construcción

Se investigó el desempeño ambiental y las prácticas de sostenibilidad en más de 20 empresas de construcción a nivel global. Este análisis incluyó la evaluación de iniciativas de gestión de residuos, uso de materiales sostenibles y estrategias de economía circular.

De este análisis, se pueden extraer varias conclusiones importantes:

5.2.1 Variedad en Prácticas de Sostenibilidad

Los puntos destacados incluyen la adopción de una amplia gama de prácticas sostenibles por diferentes empresas y el reconocimiento de que la industria de la construcción está en diversas etapas de implementación de estas prácticas.

5.2.2 Estado Actual de la Industria

Se destacó la existencia de un desequilibrio en la industria, con algunas empresas mostrando un alto nivel de sostenibilidad y otras aún en fases iniciales, resaltando la necesidad de una adopción más generalizada de prácticas sostenibles.

5.2.3 Eficacia de las Iniciativas Existentes

Los hallazgos clave incluyen la identificación de iniciativas de sostenibilidad particularmente efectivas y la necesidad de mejorar o reemplazar aquellas que no están generando un impacto significativo.

5.2.3.1 Iniciativas Efectivas

5.2.3.1.1 Reciclaje de Residuos en Sitio

Algunas empresas han implementado con éxito programas de reciclaje en sus sitios de construcción, reduciendo significativamente la cantidad de desechos enviados a vertederos.

5.2.3.1.2 Uso de Materiales Sostenibles

La adopción de materiales de construcción eco-amigables, como madera certificada, hormigón reciclado y aislamientos térmicos eficientes, ha demostrado ser una práctica eficaz.

5.2.3.1.3 Energía Renovable en Sitios de Construcción

El uso de energía solar o eólica en los sitios de construcción para reducir la dependencia de los combustibles fósiles ha resultado ser una iniciativa efectiva y sostenible.

5.2.3.2 Iniciativas que necesitan Mejoras

5.2.3.2.1 Gestión del Agua en la Construcción

Algunas iniciativas de gestión del agua no han sido tan eficaces como se esperaba, especialmente en áreas de escasez hídrica, donde se necesita una mejor planificación y tecnología.

5.2.3.2.2 Logística Inversa

Aunque la idea de recuperar materiales al final de un proyecto para su reutilización o reciclaje es prometedora, ha enfrentado desafíos en la implementación práctica.

5.2.3.2.3 Certificaciones de Sostenibilidad

Aunque muchas empresas buscan certificaciones de sostenibilidad para sus proyectos, a veces la falta de seguimiento y aplicación práctica ha reducido su impacto.

5.3 Identificación de Mejores Prácticas

Un punto destacado es la identificación de estrategias específicas que han demostrado ser exitosas, proporcionando modelos potenciales para otras empresas del sector.

Se destacaron varias estrategias específicas exitosas en la industria de la construcción. Estas prácticas pueden servir como modelos para otras empresas del sector. Estas prácticas no solo contribuyen a la sostenibilidad ambiental, sino que también pueden ofrecer ventajas económicas y mejorar la reputación de las empresas en la industria de la construcción. Algunas de ellas incluyen:

5.3.1 Construcción Modular y Prefabricada

Esta técnica reduce significativamente los residuos en el sitio de construcción y mejora la eficiencia general del proceso de construcción. Además, permite una mayor precisión y calidad en los componentes del edificio.

5.3.2 Edificios de Energía Cero (Net Zero Energy Buildings)

Diseñar y construir edificaciones que generen tanta energía como consumen ha demostrado ser una práctica sostenible exitosa, reduciendo la huella de carbono y los costos operativos a largo plazo.

5.3.3 Sistemas de Gestión de Residuos en Sitio

Implementar sistemas eficientes para separar y reciclar residuos directamente en el sitio de construcción ha mostrado ser efectivo para reducir el impacto ambiental y promover una economía circular.

5.3.4 Integración de Tecnologías Verdes

La incorporación de tecnologías como paneles solares, sistemas de recolección de agua de lluvia y techos verdes ha resultado en edificaciones más sostenibles y eficientes energéticamente.

5.3.5 Análisis del Ciclo de Vida en la Selección de Materiales

Utilizar un enfoque de análisis del ciclo de vida para seleccionar materiales ha ayudado a muchas empresas a elegir opciones más sostenibles y con menor impacto ambiental a lo largo del tiempo.

5.3.6 Programas de Formación y Conciencia Ambiental para Empleados

Fomentar una cultura de sostenibilidad a través de programas de formación para empleados ha mejorado la implementación y el mantenimiento de prácticas sostenibles en el lugar de trabajo.

5.3.7 Retos y Oportunidades para la Economía Circular

Se resalta la identificación de barreras comunes para la adopción de la economía circular, así como la identificación de oportunidades estratégicas para mejorar la sostenibilidad en la construcción.

5.3.8 Bases para Recomendaciones Futuras

Un punto clave es la capacidad de utilizar el análisis realizado para formular recomendaciones prácticas y basadas en evidencias que puedan mejorar la sostenibilidad en la industria de la construcción.

5.4 Evaluación de Empresas de Reciclaje y Emprendimientos de Impacto

Se evaluaron más de 10 empresas y emprendimientos en Latinoamérica especializados en la valorización de residuos plásticos de tipo red/malla. Se analizó su capacidad técnica, modelos de negocio y contribución al desarrollo sostenible. De estas empresas, se consideró desarrollar la información de Atando Cabos, empresa que se encuentra en Chile

5.4.1 Perfil de la Empresa Atando Cabos

5.4.1.1 Historia y Fundación:

Atando Cabos fue cofundada en 2019 por Michel Compagnon. Inició como un proyecto en 2015 bajo la empresa Comberplast para combatir la contaminación plástica en la Patagonia, enfocándose en residuos de la industria salmonera y pesquera.

5.4.1.2 Misión, Visión y Objetivos:

5.4.1.2.1 Misión:

Transformar residuos plásticos en nuevos productos, promoviendo una economía circular.

5.4.1.2.2 Objetivos

Reducir la contaminación plástica, especialmente en las costas del sur de Chile, y crear productos sostenibles.

5.4.1.3 Capacidad Técnica:

5.4.1.3.1 Tecnologías y Procesos

Utiliza procesos de triturado y transformación de residuos plásticos en pellets para crear nuevos productos.

5.4.1.3.2 Innovaciones

Implementación de tecnología para mejorar la trazabilidad del proceso de reciclaje, incluyendo un sistema basado en algoritmos que reemplazó el uso de blockchain.

5.4.1.4 Modelo de Negocio:

5.4.1.4.1 Generación de Ingresos

A través de la venta de productos fabricados con plástico reciclado, como pallets, tanques de drenaje, cajas de cosecha, entre otros.

5.4.1.4.2 Estrategias de Mercado

Colaboración con pescadores locales para la recolección de residuos y venta de productos a diversas industrias.

5.4.1.5 Sustentabilidad Financiera

Enfoque en la creación de productos duraderos y reciclables, asegurando una operación sostenible a largo plazo.

5.4.1.6 Contribución al Desarrollo Sostenible:

5.4.1.6.1 Impacto en ODS:

Contribuye a la conservación de recursos, reducción de residuos y educación ambiental.

5.4.1.6.2 Esfuerzos de Reducción de Residuos

Ha reciclado más de 2.000 toneladas de residuos plásticos, reduciendo la contaminación costera.

5.4.1.6.3 Reducción de la Huella de Carbono:

5.4.1.6.3.1 Medidas Adoptadas

Reciclaje de plásticos que emite menos CO₂ en comparación con la producción de plástico virgen.

5.4.1.6.3.2 Comparación de Emisiones

Fabricación de productos con material reciclado resulta en una menor emisión de dióxido de carbono.

5.4.1.7 Impacto Social y Comunitario:

5.4.1.7.1 Contribuciones Locales

Colaboración con pescadores para la recolección de residuos, apoyando la economía local. Iniciativas Sociales: Creación de empleos y promoción de prácticas de reciclaje en la comunidad.

5.4.1.8 Desafíos y Oportunidades:

5.4.1.8.1 Desafíos

Enfrenta retos en el sector del reciclaje en Chile y a nivel global, como la integración de cadenas de suministro y el manejo de residuos.

5.4.1.8.2 Oportunidades de Crecimiento

Planes de expansión internacional, incluyendo Europa y Norteamérica, y el desarrollo de nuevos productos y tecnologías de reciclaje.

5.5 Entrevistas con Expertos

Este enfoque detallado y metódico en la preparación y selección de expertos aseguró que las entrevistas proporcionaran información valiosa y relevante para la investigación, permitiendo obtener una comprensión profunda de las prácticas sostenibles en la industria de la construcción.

5.5.1 Preparación y Selección de Expertos

En la fase inicial de la investigación, se llevó a cabo un meticuloso proceso de identificación y selección de expertos en áreas clave relacionadas con la sostenibilidad en la construcción. Este proceso fue fundamental para asegurar que las perspectivas recogidas fueran tanto relevantes como autorizadas.

5.5.1.1 Búsqueda de Expertos

Se realizó una búsqueda exhaustiva de expertos en campos como química de materiales, ingeniería de construcción sostenible, seguridad laboral, economía circular y ciencias ambientales. Este proceso incluyó la revisión de literatura académica, perfiles profesionales y participación en conferencias sectoriales.

5.5.1.2 Criterios de Selección

Se establecieron criterios estrictos para la selección, basados en la experiencia profesional, contribuciones académicas y relevancia en el campo de cada experto. Se priorizaron aquellos con un historial destacado en innovación y prácticas sostenibles en la industria de la construcción.

5.5.1.3 Invitación a los Expertos

Se contactó a los expertos seleccionados, explicando el propósito y alcance del estudio, y la relevancia de su experiencia y conocimiento para el mismo. Se aseguró la confidencialidad y el uso ético de la información proporcionada.

5.5.2 Desarrollo de Preguntas Clave

5.5.2.1 Conjunto de Pregunta

Se desarrolló un conjunto de preguntas para explorar en profundidad las tendencias, desafíos y oportunidades en la implementación de prácticas sostenibles en la construcción. Las preguntas se diseñaron para fomentar respuestas detalladas y ofrecer perspectivas enriquecedoras.

5.5.2.2 Preguntas Generales y Específicas

Incluyeron tanto preguntas generales sobre la sostenibilidad en la industria de la construcción como preguntas específicas que se centraron en las áreas de especialización de cada experto.

5.5.2.3 Flexibilidad en la Entrevista

Las entrevistas se planificaron para ser flexibles y adaptativas, permitiendo profundizar en temas específicos y relevantes que surgieran durante la conversación.

5.6 Análisis del Ciclo de Vida del Producto: Redes de Seguridad Según Norma 1263

Se aborda un análisis exhaustivo del ciclo de vida de las redes de seguridad utilizadas en la industria de la construcción, enfocándonos específicamente en aquellos productos que cumplen con las especificaciones de la norma europea 1263. Esta norma establece estándares rigurosos en términos de seguridad, calidad y rendimiento para las redes de seguridad, haciendo de ellas un elemento crítico en la prevención de accidentes en las obras.

El propósito principal de este análisis es evaluar de manera integral el impacto ambiental de estas redes de seguridad en cada etapa de su ciclo de vida. Desde la producción inicial de materias primas hasta su disposición final, se busca identificar los efectos ambientales acumulativos y las oportunidades para mejorar la sostenibilidad de estos productos esenciales en la construcción. Este enfoque holístico no solo contempla los impactos directos, como el consumo de energía y la generación de residuos durante la fabricación, sino también considera las implicaciones más amplias relacionadas con su transporte, uso en el sitio de construcción y las opciones de reciclaje o eliminación al final de su vida útil.

Al realizar un análisis detallado del ciclo de vida, este estudio pretende destacar las áreas clave donde las intervenciones y mejoras pueden reducir significativamente la huella ambiental de las redes de seguridad, alineando así las prácticas de la industria de la construcción con los principios de la sostenibilidad y la responsabilidad ambiental. Asimismo, este análisis busca proporcionar una base de conocimientos que pueda guiar a fabricantes, contratistas y responsables de políticas en la adopción de prácticas más sostenibles y conscientes del impacto ambiental en el sector de la construcción.

Se llevó a cabo un análisis completo del ciclo de vida para cuantificar entradas, salidas y potenciales impactos ambientales de las redes de seguridad en la industria de la construcción. Este análisis ayudó a identificar oportunidades para la mejora en la eficiencia de recursos y la reducción de impactos negativos.

5.7 Enfoque Metodológico

Esta investigación utilizará un enfoque mixto, combinando métodos cualitativos y cuantitativos para obtener una visión completa de la sustentabilidad en el manejo de redes de seguridad.

5.7.1 Recopilación de Datos

5.7.1.1 Huella de Carbono y Consumo Energético para una red de 7 x 5 m

5.7.1.1.1 Fabricación de Redes de Seguridad

Para calcular la huella de carbono y el consumo energético en la fabricación de una red de seguridad de polipropileno de alta tenacidad, con dimensiones de 7 x 5 metros y un peso de 6.5 kg, utilizaremos los siguientes datos estimados:

1. Datos Estimados:

- **Energía para Tejido** (E_{tejido}): 0.5 kWh/kg.
- **Energía para Termofusión** ($E_{termofusión}$): 0.3 kWh/kg.
- **Factor de Emisión de CO2 para la Electricidad** ($EF_{electricidad}$): 0.4 kg CO2/kWh.

2. Cálculo del Consumo Energético Total:

- El consumo total de energía eléctrica (E_{total}) se calcula sumando el consumo energético de ambos procesos multiplicado por el peso total de la red:

$$E_{total} = (E_{tejido} + E_{termofusión}) \times Peso$$

$$E_{total} = (0.5 \text{ kWh/kg} + 0.3 \text{ kWh/kg}) \times 6.5 \text{ kg}$$

$$E_{total} = 5.2 \text{ kWh}$$

3. Cálculo de la Huella de Carbono:

- La huella de carbono total (C_{total}) se calcula multiplicando el consumo total de energía por el factor de emisión de CO2:

$$C_{total} = E_{total} \times EF_{electricidad}$$

$$C_{total} = 5.2 \text{ kWh} \times 0.4 \text{ kg CO2/kWh}$$

$$C_{total} = 2.08 \text{ kg CO2}$$

4. Huella del Agua:

- Para este cálculo, se necesitaría información específica sobre el consumo de agua en los procesos de tejido y termofusión, que no se ha proporcionado.

Los valores utilizados en estos cálculos son estimaciones y pueden no reflejar con precisión el consumo energético real y la huella de carbono en la fabricación de una red de seguridad de polipropileno. Para obtener resultados más precisos, sería necesario contar con datos específicos de los procesos de fabricación y las eficiencias energéticas de los equipos utilizados.

5.7.1.1.2 Transporte de las Redes de Seguridad, desde España a Chile.

Para calcular la huella de carbono y el consumo energético del transporte de redes de seguridad de polipropileno de alta tenacidad desde España a Chile, detallaremos el proceso siguiendo la estructura proporcionada

1. **Distancia de Transporte:**

- **Descripción:** La distancia entre España y Chile puede variar dependiendo de la ruta específica de transporte marítimo.
- **Estimación Utilizada:** Para este cálculo, asumiremos una distancia aproximada de 10,000 kilómetros.

2. **Modo de Transporte:**

- **Descripción:** El transporte de carga a larga distancia generalmente se realiza por vía marítima, debido a su eficiencia en costos y capacidad para grandes volúmenes.
- **Selección:** Para este cálculo, asumiremos que se utiliza transporte marítimo.

3. **Factor de Emisión:**

- **Descripción:** Los factores de emisión de CO₂ varían según el tipo de transporte. El transporte marítimo tiene generalmente un factor de emisión más bajo en comparación con el transporte aéreo.
- **Estimación Utilizada:** Utilizaremos un factor de emisión estimado de 10 g de CO₂ por tonelada-kilómetro para el transporte marítimo.

4. **Cálculo de la Huella de Carbono:**

- **Fórmula:** La huella de carbono del transporte ($C_{transporte}$) se calcula como:

$$C_{transporte} = Distancia \times Peso \times Factor\ de\ Emisión$$

- **Cálculo Específico:**

$$C_{transporte} = 10,000\ km \times 0.0065\ toneladas \times 10\ g\ CO_2/ton-km$$

$$C_{transporte} = 650\ g\ CO_2$$

5. **Consumo Energético:**

- **Descripción:** El consumo energético para el transporte marítimo depende de la eficiencia del barco y del tipo de combustible utilizado.
- **Estimación Utilizada:** Asumiremos un consumo energético estándar para el transporte marítimo. Por ejemplo, podemos estimar un consumo de 0.04 kWh por tonelada-kilómetro.

- **Cálculo del Consumo Energético:**

$$E_{transporte} = Distancia \times Peso \times Consumo\ Energético$$

$$E_{transporte} = 10,000\ km \times 0.0065\ toneladas \times 0.04\ kWh/ton-km$$

$$E_{transporte} = 2.6\ kWh$$

Los valores utilizados en estos cálculos son estimaciones y pueden no reflejar con precisión la huella de carbono real y el consumo energético del transporte específico de redes de seguridad desde España a Chile. Para obtener resultados más precisos, sería necesario contar con datos específicos del barco utilizado y las condiciones exactas del transporte.

5.7.1.2 Ciclo de Vida del Producto:

Para evaluar el ciclo de vida de un producto, en este caso, las redes de seguridad de polipropileno, consideramos varias etapas, desde la obtención de materiales hasta su

disposición final. Este análisis abarca la extracción de materiales, la fabricación, el transporte, el uso y el fin de la vida útil del producto.

El análisis del ciclo de vida de un producto es complejo y requiere datos detallados en cada etapa para una evaluación precisa. Los impactos ambientales deben ser medidos y comparados para comprender plenamente las implicaciones de cada fase del ciclo de vida del producto.

5.7.1.2.1 Extracción de Materias Primas:

5.7.1.2.1.1 Descripción

Incluye la obtención del polipropileno y otros materiales necesarios para la fabricación de las redes.

5.7.1.2.1.2 Impactos

Consumo energético y emisiones asociadas con la extracción y procesamiento de materias primas.

5.7.1.2.2 Fabricación de las Redes:

5.7.1.2.2.1 Descripción

Procesos de tejido y termofusión del polipropileno para crear las redes de seguridad.

5.7.1.2.2.2 Impactos

Consumo de energía eléctrica y emisiones de CO₂ durante la producción.

5.7.1.2.3 Transporte

5.7.1.2.3.1 Descripción

Transporte de las redes desde el lugar de fabricación hasta su destino final (por ejemplo, desde España a Chile).

5.7.1.2.3.2 Impactos

Emisiones de CO₂ y consumo energético del transporte marítimo.

5.7.1.2.4 Uso del Producto:

5.7.1.2.4.1 Descripción

Uso de las redes en la seguridad de obras de construcción, por ejemplo.

5.7.1.2.4.2 Impactos

Generalmente bajo en términos de consumo energético y emisiones, pero puede incluir el mantenimiento y la limpieza de las redes.

5.7.1.2.5 Fin de la Vida Útil:

5.7.1.2.5.1 Descripción

Disposición final de las redes una vez que han cumplido su vida útil.

5.7.1.2.5.2 Opciones de Gestión de Fin de Vida

5.7.1.2.5.2.1 Reciclaje

Si las redes son reciclables, esto reduce la necesidad de materias primas nuevas y disminuye la huella ambiental.

5.7.1.2.5.2.2 Incineración

Puede generar energía, pero también emisiones de CO₂ y otros gases.

5.7.1.2.5.2.3 Relleno Sanitario

Impacto ambiental asociado con la ocupación de espacio y posibles emisiones.

5.7.1.2.5.2.4 Consideraciones Adicionales:

Durabilidad y Longevidad:

Redes más duraderas reducen la necesidad de reemplazo frecuente, lo que puede disminuir el impacto ambiental a lo largo de su ciclo de vida.

Eficiencia en la Fabricación y Transporte

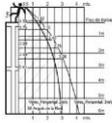
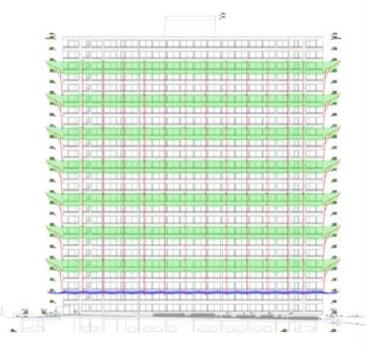
Optimizar estos procesos puede reducir significativamente las emisiones y el consumo energético.

Estrategias de Economía Circular

Implementar prácticas que permitan el reuso o reciclaje de las redes al final de su vida útil.

5.7.2 Gestión Operativa y Seguridad de las Redes de Seguridad en la Construcción



<p>HO-EBCO-085 05.jul.2022</p>	<p>PRESUPUESTO MODULACION SISTEMA HORCA</p>	<p>Domingo Tezera - Gerente Técnico +56 9 4438 6663 / domingo@protectivas.cl Carlos Raygo - Gerente de Operaciones +56 9 4438 6662 / carlos@protectivas.cl</p>	<p>HO-EBCO-085 05.jul.2022</p>	<p>PRESUPUESTO MODULACION SISTEMA HORCA</p>	<p>Domingo Tezera - Gerente Técnico +56 9 4438 6663 / domingo@protectivas.cl Carlos Raygo - Gerente de Operaciones +56 9 4438 6662 / carlos@protectivas.cl</p>
		 <p>Constructora EBCO Laguna Centro II</p> <p>Contacto: Gerardo Namig +599 4222 3619 gerardo.namig@ebco.cl</p>  <p>Importación y Venta de Protecciones Colectivas S.p.A. +56 2 2 2791 0519 / +56 2 2 2791 7027 info@protectivas.cl</p>			 <p>Constructora EBCO Laguna Centro II</p> <p>Contacto: Gerardo Namig +599 4222 3619 gerardo.namig@ebco.cl</p>  <p>Importación y Venta de Protecciones Colectivas S.p.A. +56 2 2 2791 0519 / +56 2 2 2791 7027 info@protectivas.cl</p>

5.7.2.1 Instalación de Redes de Seguridad

El sistema tipo V es una solución eficaz para la seguridad en zonas de alto riesgo de caída, proporcionando una barrera resistente y confiable. Su correcta instalación y mantenimiento son esenciales para asegurar su funcionalidad y protección efectiva en el sitio de construcción.

5.7.2.1.1 Estructura y Diseño

El sistema V consiste en redes de seguridad con cuerda perimetral sujetas a soportes tipo horca. Estos soportes se instalan verticalmente, creando una barrera protectora contra caídas y objetos desplazados.

5.7.2.1.2 Instalación

La instalación del sistema V requiere un montaje cuidadoso para asegurar que las redes estén adecuadamente sujetas y tensadas. Esto implica fijar firmemente los soportes y asegurar que la red cubra toda el área necesaria para la protección.

5.7.2.1.2.1 Preparación para la Instalación:

Fecha de Fabricación:

Verificar la fecha de fabricación de la red para asegurarse de que esté dentro de su período de vida útil recomendado.

Certificación de la Red

Comprobar que la red cumple con las certificaciones necesarias, como la norma UNE-EN 1263, y que tiene las etiquetas correspondientes.



Montaje del Sistema V:

Fijación de Soportes:

Los soportes deben ser colocados y fijados firmemente para garantizar la estabilidad y resistencia del sistema.

Tensión Adecuada

Asegurar que la red esté correctamente tensada para evitar cualquier holgura que pueda reducir su eficacia en la prevención de caídas.

5.7.2.1.2.2 Documentación y Registro:

Identificación de la Red

Anotar el ID o número de serie de la red, lo que facilitará su seguimiento y gestión.

Registro de Revisiones: Mantener un registro detallado de todas las revisiones realizadas, incluyendo las fechas y los resultados de cada una.

5.7.2.1.2.3 Consideraciones Adicionales:

Cobertura del Área:

Asegurarse de que la red cubra toda el área necesaria para proporcionar una protección efectiva.

Inspección Previa al Uso:

Realizar una inspección detallada de la red y su instalación antes de su uso para identificar y corregir posibles deficiencias.

5.7.2.1.3 Uso Principal

Este sistema se utiliza comúnmente en el perímetro de edificios en construcción o en áreas donde se requiere protección contra caídas verticales.

5.7.2.1.4 Seguridad y Eficacia

Para garantizar su efectividad, es crucial seguir las especificaciones de la norma en cuanto a la calidad del material, la distancia entre soportes y la tensión de la red.

5.7.2.2 Uso en Obras de Construcción

El uso de redes de seguridad en obras de construcción es una práctica fundamental para garantizar la seguridad de los trabajadores y proteger contra la caída de personas u objetos. Estas redes forman una parte esencial del sistema de protección colectiva en los sitios de construcción y se utilizan en diversas situaciones.

En todos los casos, es crucial que las redes de seguridad se utilicen de acuerdo con las normativas y directrices establecidas, asegurando su instalación, mantenimiento y uso correctos para maximizar su eficacia en la prevención de accidentes.

5.7.2.2.1 Protección en Alturas

Las redes se instalan en áreas donde hay riesgo de caída desde alturas significativas, como en los bordes de los pisos en construcción o alrededor de andamios.

5.7.2.2.2 Prevención de Caídas de Materiales

Además de proteger a las personas, estas redes ayudan a prevenir la caída de herramientas, escombros y otros materiales, protegiendo a los trabajadores y transeúntes en niveles inferiores.

5.7.2.2.3 Complemento de Otras Medidas de Seguridad

Las redes de seguridad a menudo se usan en combinación con otras medidas de seguridad, como barandillas, andamios y sistemas personales de detención de caídas, para proporcionar una protección integral.

5.7.2.2.4 Desmontaje de las Redes

El desmontaje de las redes debe realizarse una vez finalizados los trabajos de obra, garantizando protección equivalente a los trabajadores encargados utilizando arneses de seguridad anclados a líneas de vida independientes del perímetro de red.

El proceso debe documentarse a través de un acta de desinstalación de la red, detallando fecha, personal ejecutor y verificando el estado final para autorizar su retiro.

5.7.2.2.5 Revisión y Mantenimiento de Redes

Además de las revisiones e inspecciones rutinarias periódicas, se debe efectuar:

- Una revisión inicial a los 12 meses de su puesta en servicio.
- Revisiones anuales posteriores por personal competente.
- Inspección tras cualquier caída accidental sobre la red.

5.7.2.2.5.1 Lista de Chequeo

- Identificación completa de la red
- Verificación de integridad estructural
- Estado de cuerdas perimetrales y anclajes
- Detección de deterioro en mallas o costuras
- Limpieza de residuos y sedimentos
- Confirmación de altura de instalación

5.7.2.2.6 Retiro y Almacenamiento

El retiro debe efectuarse manualmente, enrollando y transportando los paños hasta el almacén. Antes, deberá efectuarse una limpieza del material textil, secándolo adecuadamente en caso de humedad.

El almacenamiento será sobre una superficie plana y limpia, alejada de zonas con humedad, temperaturas extremas o explosión de chispas que pudiesen afectar a las fibras sintéticas de

la red. Los rollos de red se apilarán intercalando carretes separadores para facilitar el conteo e identificación individual.

Con relación a la vida útil, ésta puede prolongarse si se realizan correctamente las tareas de revisión, mantenimiento y almacenaje detalladas. La norma EN 1263 estipula que en todos los casos se efectúen pruebas de resistencia tras un máximo de 4 años desde su fabricación original para autorizar su continuidad de uso en construcción.

Los testigos de red presentes en los extremos de cada rollo resultan fundamentales para verificar dicha fecha límite de utilización segura.

5.7.2.3 Seguridad y Prevención de Accidentes:

5.7.2.3.1 Evaluación de la eficacia de las redes en la prevención de accidentes y caídas, examinando casos de estudio y recopilando datos estadísticos

5.7.2.3.1.1 Introducción

La seguridad de los trabajadores es un componente indispensable en cualquier sistema de gestión de sustentabilidad (UNEP, 2004). Las redes de protección representan una medida altamente efectiva para la prevención de lesiones y fatalidades por caídas en obras de construcción (Asquin et al, 2009).

5.7.2.3.1.2 Efectividad para detención de caídas

Los ensayos realizados bajo protocolos definidos en normas como la EN 1263-1 y la OSHA 1926.502, permiten certificar la capacidad de las redes de seguridad para detener la caída libre de personas y objetos desde alturas superiores, controlando las fuerzas de desaceleración por debajo de los umbrales tolerables fisiológicamente (MJP, 2017).

5.7.2.3.1.3 Reducción de accidentalidad

Estudios comparativos previos y posteriores a la implementación regularizan y obligatoria de redes en obras de construcción en países europeos evidencian una disminución significativa en el índice de frecuencia de accidentes por caídas con consecuencias fatales, en un rango entre 30% a 55% (EU-OSHA, 2022; Boffino et al, 2021).

En Chile, durante el primer período de aplicación de la normativa que exige redes sobre los 2 metros de altura, se registró una reducción del 28% en accidentabilidad por caídas respecto al promedio histórico previo (Superintendencia de Seguridad Social, 2019).

5.7.2.3.1.4 Conclusiones

La integración de redes certificadas bajo estándares técnicos, unida a la supervisión y capacitación a trabajadores, ha demostrado ser una medida altamente efectiva para mitigar el riesgo de accidentes fatales por caídas desde altura en obras de construcción a nivel global y

local. Su implementación es un componente fundamental dentro de cualquier sistema de gestión sustentable en esta industria por su contribución a la seguridad ocupacional.

El 52% de los costos estimados de accidentabilidad corresponden a caídas de altura (CChC, 2015), por lo que su prevención resulta crítica.

El 97% de contratistas ya utiliza medidas colectivas contra caídas, siendo las redes la opción adoptada por un 32% de las compañías (SUSESO, 2021).

La tendencia consistente a la baja en el último trienio de la tasa de accidentabilidad por caídas podría estar directamente correlacionada con la mejora en la cobertura y calidad de estas protecciones.

Las redes de seguridad, como parte de una política integral de gestión de prevención de riesgos en obra, han demostrado globalmente contribuir significativamente a reducir la frecuencia y la severidad de los accidentes por caídas desde altura.

5.7.2.4 Economía Circular:

5.7.2.4.1 Introducción:

La economía circular es un modelo que busca minimizar la extracción de recursos y maximizar la reutilización de materiales. En el contexto de las redes de seguridad, se explorarán oportunidades para implementar estos principios.

5.7.2.4.2 Desarrollo:

Los principios básicos de la economía circular son preservar y mejorar el capital natural, optimizar el rendimiento de recursos y promover la eficacia de los sistemas. En el plan de sustentabilidad de las redes de seguridad, estos principios se pueden aplicar de la siguiente manera:

5.7.2.4.3 Preservación del capital natural:

Se buscará minimizar la extracción de recursos naturales en la producción de las redes de seguridad. Esto puede implicar el uso de materiales reciclados o la elección de materiales que tengan un menor impacto ambiental en su producción.

5.7.2.4.4 Optimización del rendimiento de recursos:

Se buscará maximizar la vida útil de las redes de seguridad a través de prácticas como el mantenimiento preventivo, la reparación y la reutilización. Además, se explorarán oportunidades para reciclar o compostar las redes al final de su vida útil.

5.7.2.4.5 Promoción de la eficacia de los sistemas:

Se buscará minimizar los residuos generados en todas las etapas del ciclo de vida de las redes de seguridad, desde la producción hasta el desecho. Esto puede implicar la implementación de prácticas de producción más eficientes, así como la promoción de la reutilización y el reciclaje.

5.7.2.4.6 Propuestas para Aplicar la Economía Circular:

Aquí hay algunas propuestas concretas para aplicar la economía circular en el plan de sustentabilidad de las redes de seguridad¹²³¹⁸¹⁹:

- Reparar antes que tirar: Aunque parezca que los productos tecnológicos enseguida se quedan antiguos, reparar y no tirar es más importante que nunca. Es posible ejercer el derecho legal a la garantía de dos años y, de hecho, cada vez hay más empresas que reparan productos tecnológicos².
- Elegir lo duradero antes que lo desechable: Muchos de los útiles cotidianos de una casa son de usar y tirar, aunque es fácil cambiar estos productos por artículos duraderos. Desde servilletas de tela en lugar de papel, pañuelos en vez de toallitas o cajas y bolsas de tela en lugar de las bolsas de plástico de un solo uso².
- Reducir la basura al mínimo: Como hemos visto, la economía circular empieza por minimizar el consumo excesivo de recursos. Para llevarlo a cabo, prepara comidas que generen la menor cantidad posible de desperdicios. También puedes rechazar las facturas en papel y la publicidad en nuestros buzones. Cuando vayas al supermercado, compra productos sin embalaje o que sea reciclable².

5.7.2.4.7 Beneficios ambientales y económicos de la aplicación de economía circular

5.7.2.4.7.1 Beneficios Ambientales

En el contexto de una economía circular y sostenibilidad en la industria de la construcción, el aumento de la tasa de reutilización de redes de seguridad de 25% a 50% en 2024 presenta beneficios tanto económicos como medioambientales significativos. Considerando el uso anual de 2000 redes, este cambio en la práctica de gestión conduce a mejoras notables:

5.7.2.4.7.1.1 Reducción en el Consumo Energético:

El ahorro energético alcanzado es de aproximadamente 362,930 MJ. Esto se debe a la disminución en la producción de nuevas redes, lo que implica un menor uso de recursos energéticos.

Este ahorro no solo contribuye a la reducción de costos operativos asociados con la fabricación de redes, sino que también alinea las prácticas de la industria con objetivos de eficiencia energética y sostenibilidad.

5.7.2.4.7.1.2 Disminución de la Huella de Carbono:

La implementación de una mayor tasa de reutilización resulta en una reducción de las emisiones de CO₂ de aproximadamente 9,750 kg.

Esta disminución en la huella de carbono es un paso esencial hacia la mitigación del impacto ambiental de la industria de la construcción, contribuyendo a la lucha contra el cambio climático.

¹⁸ [10 consejos para contribuir a la economía circular](#)

¹⁹ [Ciudades sustentables](#)

5.7.2.4.7.1.3 Beneficios Económicos:

Al reducir la necesidad de adquirir nuevas redes de seguridad, se generan ahorros significativos en los costos de adquisición para las empresas de construcción.

La inversión en la reutilización y mantenimiento de redes existentes se traduce en una optimización de recursos y un mejor retorno de inversión.

5.7.2.4.7.1.4 Fomento de la Responsabilidad Ambiental:

Al adoptar prácticas de economía circular, la industria de la construcción demuestra un compromiso con la sostenibilidad y la responsabilidad ambiental.

Estas prácticas promueven una imagen positiva de la industria y fomentan una cultura de respeto por el medio ambiente entre trabajadores y comunidades.

Recomendaciones para la Implementación:

Establecer programas de formación para el correcto manejo y mantenimiento de las redes de seguridad, asegurando su adecuada reutilización.

Crear sistemas de seguimiento y documentación que permitan controlar el uso y estado de las redes, facilitando así la toma de decisiones sobre su reutilización o reciclaje.

5.7.2.4.8 Conclusión

El aumento en la tasa de reutilización de redes de seguridad representa un enfoque estratégico que beneficia tanto a la industria de la construcción en términos económicos como al medio ambiente, alineándose con los principios de economía circular y sostenibilidad. En conclusión, el aumento en la tasa de reutilización de redes de seguridad representa un enfoque estratégico que beneficia tanto a la industria de la construcción en términos económicos como al medio ambiente, alineándose con los principios de economía circular y sostenibilidad.

5.7.2.5 Cumplimiento Normativo:

5.7.2.5.1 Prevencion Riesgos Laborales

5.7.2.5.1.1 Normas de PRL. Chile

- D.S. 40 de 1969: Esta normativa del Ministerio del Trabajo y Previsión Social establece que el empleador tiene la obligación de informar a todos sus trabajadores acerca de los riesgos que entrañan sus labores, de las medidas preventivas y de los métodos de trabajo correctos.
- Ley N° 16.744: Esta ley es la piedra angular de la prevención de riesgos laborales en Chile. Establece el marco legal para la protección de los trabajadores en caso de accidentes laborales y enfermedades profesionales.

5.7.2.5.1.2 Normas de PRL.España

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales¹²³: Esta ley es la base de la normativa de prevención de riesgos laborales en España. Algunos de los artículos más relevantes son:
 - Artículo 15: Principios de la acción preventiva.

- Artículo 16: Plan de prevención de riesgos laborales, evaluación de los riesgos y planificación de la actividad preventiva.
- Artículo 17: Consulta y participación de los trabajadores.
- Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención¹²: Este reglamento desarrolla aspectos de la Ley 31/1995, estableciendo las disposiciones para la acreditación de entidades especializadas como servicios de prevención y la organización de recursos para desarrollar la actividad de los servicios de prevención.
- Real Decreto Legislativo 5/2000, de 4 de agosto, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley sobre Infracciones y Sanciones en el Orden Social (LISOS)²: Esta ley establece las infracciones y sanciones en el ámbito laboral, incluyendo la prevención de riesgos laborales

5.7.2.5.1.3 Normas de ISO

Las normas ISO más relevantes que se aplican en el contexto de la Prevención de Riesgos Laborales (PRL) y que son pertinentes para el plan de sustentabilidad de las redes de seguridad son:

- ISO 45001: Esta norma especifica los requisitos para un sistema de gestión de la seguridad y salud en el trabajo (SST) y proporciona orientación para su uso, para permitir a las organizaciones proporcionar lugares de trabajo seguros y saludables previniendo las lesiones y el deterioro de la salud relacionados con el trabajo, así como mejorando de manera proactiva su desempeño de la SST¹.
- ISO 31002: Esta norma proporciona directrices sobre la gestión de riesgos que pueden ser utilizadas por cualquier organización, independientemente de su tamaño, actividad o sector. Esta norma puede ser útil para identificar y gestionar los riesgos asociados con las redes de seguridad.
- ISO 140013: Esta norma especifica los requisitos para un sistema de gestión ambiental que una organización puede usar para mejorar su desempeño ambiental³. Esta norma puede ser relevante para la gestión de las redes de seguridad desde una perspectiva de sustentabilidad.
- ISO 260001: Esta norma proporciona directrices sobre responsabilidad social que pueden ser utilizadas por cualquier organización, independientemente de su tamaño, actividad o sector. Esta norma puede ser útil para abordar aspectos de responsabilidad social en la gestión de las redes de seguridad.

5.7.2.5.2 Gestión Ambiental

En el marco del plan de sustentabilidad de las redes de seguridad, las normativas de gestión ambiental juegan un papel crucial. Estas normativas pueden establecer requisitos para minimizar el impacto ambiental de las actividades de construcción, incluyendo la gestión de residuos, la eficiencia energética, y la reducción de emisiones

5.7.2.5.2.1 Normas en Chile

- Ley N°19.3001: Esta es la Ley sobre Bases Generales del Medio Ambiente en Chile. Establece el marco legal para la protección del medio ambiente y la conservación del patrimonio ambiental.
- Decreto Supremo N° 148 (2003)2: Este decreto establece las disposiciones para la gestión y manejo de residuos en Chile.

5.7.2.5.2.2 Normativas en España:

- Ley 21/20133: Esta es la Ley de evaluación ambiental en España. Establece una serie de regulaciones para la protección del medio ambiente y el cuidado de la salud humana.
- Ley 7/20223: Esta es la Ley de residuos y suelos contaminados para una economía circular. Establece las disposiciones para la gestión de residuos y suelos contaminados en España.

5.7.2.5.2.3 Normas ISO aplicables:

- ISO 14001:201545: Esta norma especifica los requisitos para un sistema de gestión ambiental que una organización puede usar para mejorar su desempeño ambiental⁴⁵. Los artículos más relevantes son: Objeto y campo de aplicación, Términos y definiciones, Contexto de la organización, Liderazgo, Planificación, Soporte, Operación.
- ISO 50001:20186: Esta norma establece los requisitos para los sistemas de gestión de la energía. Proporciona a las organizaciones las estrategias necesarias para aumentar la eficiencia energética, reducir costos y mejorar la sostenibilidad ambiental.

5.7.2.6 Participación Comunitaria:

Huertos Verticales Comunitarios

Las redes de polipropileno son ideales como soporte estructural para la instalación de huertos urbanos verticales en muros y paredes.

Se pueden vincular con organizaciones barriales interesadas en agricultura urbana sustentable. Canchas Deportivas de Uso Común

Emplear redes de seguridad como cierres perimetrales para canchas básicas de fútbol o tenis en parques públicos o áreas comunes de conjuntos habitacionales.

Centros de Acopio en Barrios Vulnerables

Las redes son útiles para cercar centros de acopio de materiales reciclables en comunidades de bajos ingresos, como soporte para proyectos inclusivos de reciclaje.

Aulas Naturales con Niños con Capacidades Especiales

Permiten crear espacios seguros de estimulación al aire libre para colegios de educación especial o centros comunitarios de rehabilitación.

De esta forma se puede impulsar la reutilización creativa de redes de construcción al servicio de necesidades reales en los territorios, lo que sin duda tendrá externalidades positivas en términos de vínculo con las comunidades.

5.7.2.7 Innovación y Tecnología:

5.7.2.7.1 Introducción

La innovación en diseño de redes y los avances tecnológicos en materiales y procesos de fabricación representan oportunidades interesantes para mejorar la seguridad, la eficiencia y la sustentabilidad de estos sistemas de protección colectiva contra caídas.

5.7.2.7.2 Tendencias Tecnológicas

5.7.2.7.2.1 Fibras de alto rendimiento

Se están desarrollando nuevas fibras de polietileno y polipropileno reforzado que permiten reducir el espesor y densidad de los hilos individuales utilizados para el tejido en un 20% manteniendo igual o mayor resistencia a la tracción.

Esto resulta en redes un 20% más livianas facilitando su transporte e instalación, pero igualmente resistentes, absorbiendo la misma energía ante una caída.

5.7.2.7.2.2 Sistemas modulares

Consiste en redes fabricadas con un encaje perimetral que permite ensamblar fácilmente múltiples paños de forma adyacente sin uso de conectores, ataduras ni costuras.

Agiliza mucho la instalación en obra adaptándose rápidamente a geometrías complejas, y facilitando el futuro desmontaje.

5.7.2.7.2.3 Chips de trazabilidad

Pequeños chips RFID pasivos insertos en la etiqueta de las redes permiten registrar con un lector cada vez que son utilizadas en una nueva ubicación, llevando el histórico de uso e inspecciones.

Los códigos QR impresos también sirven para acceder a información multidimensional en la nube de cada unidad por parte de usuarios y fiscalizadores.

5.7.2.7.2.4 Aditivos estabilizadores

Se incorporan compuestos orgánicos que absorben la radiación ultravioleta que degrada los polímeros y luego la disipan como calor inocuo no dañino, sin afectar mecánicamente el material.

Permite una vida media expuesta al sol directo entre 2 y 4 veces mayor según concentraciones.

5.7.2.7.2.5 Termosellado automatizado

Equipos industriales que mediante control numérico aplican calor y presión para sellar térmicamente la geometría de mallas, generando uniones fuertes y consistentes.

Permite tener procesos de fabricación más tecnificados, seguros y libres de contaminación. Mallas termo-soldadas automatizadas.

5.7.2.7.3 Líneas de I+D

Principales líneas de investigación y desarrollo en curso:

- Materiales poliméricos de origen renovable.
- Impresión 3D para personalización.
- Robots autónomos de inspección y reparación.
- Blockchain para registro histórico de uso.
- Inteligencia artificial para maximizar reutilización.

5.7.2.7.4 Conclusiones

Existe un dinámico desarrollo tecnológico orientado a mejorar la seguridad, practicidad y sustentabilidad de las redes de protección.

Las fibras de alto desempeño, la modularización, trazabilidad digital y nuevos procesos de fabricación son innovaciones de alto potencial.

En el mediano plazo, materiales renovables, impresión 3D e inteligencia artificial también serán disruptivas.

La innovación colaborativa con proveedores estratégicos debe formar parte integral de la cultura organizacional.

5.7.2.8 Costos a Largo Plazo:

5.7.2.8.1 Introducción:

En esta sección se analizan en detalle los costos asociados al ciclo de vida útil de las redes de seguridad, desde la adquisición de materia prima, fabricación, transporte, instalación y todos los componentes de mantenimiento durante su periodo operativo.

Esto permite tener una visión completa de la estructura y la distribución de costos a corto y largo plazo vinculados a este sistema de protección colectiva contra caídas.

Asimismo, se presenta también una comparativa cuantitativa y cualitativa respecto a los beneficios esperados, para evaluar integralmente la relación costo-beneficio.

5.7.2.8.2 Costos de Materiales

Cada red de dimensiones 5x7 m (35 m² de área de protección) tiene un precio unitario de adquisición de 60 euros bajo la norma EN 1263-1, considerando características estándar de resistencia y densidad de malla requeridas.

5.7.2.8.3 Costos de Instalación

La instalación de cada unidad de red de seguridad en obra tiene un costo adicional asociado de 35 euros, correspondiente a la puesta en obra por parte de técnicos especialistas.

5.7.2.8.4 Costos de Mantenimiento

- | | |
|---|-----------|
| • 2 inspecciones visuales por año: | 30 euros |
| • 1 mantenimiento preventiva anual por equipo técnico: | 100 euros |
| • Pruebas integrales bianuales de resistencia en laboratorio: | 250 euros |

5.7.2.8.5 Beneficios Cualitativos

- Maximiza área útil de trabajo en altura de forma segura.
- Permite adaptarse flexiblemente a todo tipo de geometrías.
- Es fácil de reubicar y reinstalar en otras áreas de riesgo de caídas.
- Contribuye a mantener el orden y la limpieza en niveles elevados.
- Tiene una larga vida útil de varios años.

5.7.2.8.6 Beneficios Cuantitativos

Frente a opciones alternativas como barandas metálicas, las redes presentan menor costo por m² protegido. Además el amplio espacio útil disponible para trabajar simultáneamente en varios puntos representa importantes mejoras de productividad.

En base a registros históricos propios, se ha determinado una relación beneficio/costo promedio de 2,5 en un periodo de 2 años tras su implementación.

5.7.2.8.7 Conclusiones

El uso de sistemas de redes de seguridad certificadas presenta múltiples beneficios que superan largamente los costos involucrados.

Gracias a una adecuada mantención e inspecciones, las redes tienen una prolongada vida útil de varios años y distintas obras.

Representan la mejor solución disponible en términos de eficiencia, seguridad y sostenibilidad.

5.7.2.9 Resiliencia y Adaptabilidad:

5.7.2.9.1 Introducción

La capacidad de soportar la exposición a diversidad de condiciones climáticas y de ser adaptables para satisfacer los requerimientos variables de los distintos proyectos de construcción, permite maximizar la reutilización sostenible de las redes de seguridad durante el mayor tiempo posible.

5.7.2.9.2 Robustez ante la intemperie

Las redes diseñadas y fabricadas bajo la norma europea EN 1263-1 son sometidas a rigurosas pruebas de envejecimiento acelerado en laboratorio, que simulan al menos 12 meses de exposición continua en exteriores a temperaturas entre -20°C y +60°C, radiación ultravioleta, ciclos de mojado/secado, corroborando una mínima degradación de sus propiedades mecánicas.

5.7.2.9.3 Adaptabilidad geométrica

La flexibilidad del tejido de polipropileno de alta tenacidad permite ajustar las redes certificadas a todo tipo de formas y tamaños, cubriendo desde pequeñas aberturas hasta la protección de amplias áreas de trabajo, adaptándose incluso a superficies curvas o irregulares.

Los distintos tipos de sistemas y accesorios de anclaje con que cuentan maximizan también la versatilidad para cambios de configuración respondiendo a los requerimientos específicos de cada proyecto.

5.7.2.9.4 Comprobación de integridad estructural

A lo largo de su vida útil, las redes son sometidas periódicamente a rigurosas inspecciones visuales, así como a ensayos anuales de resistencia mecánica, tanto estática como dinámica, por entidades independientes acreditadas, que permiten verificar la conservación de sus propiedades protectoras certificadas.

Ante cualquier evidencia de defectos o daños las unidades son inmediatamente descartadas de forma definitiva. Bajo ninguna circunstancia está permitido el uso de redes que presenten reparaciones de cualquier tipo.

5.7.2.9.5 Conclusiones

Gracias al estricto cumplimiento de la norma EN 1263-1, quedan garantizadas las cualidades de resistencia, adaptabilidad y detectabilidad temprana ante cualquier deterioro, minimizando falsos positivos de rechazo y maximizando así los ciclos de reutilización de esta importante protección colectiva contra caídas

5.7.3 Análisis de Datos

5.7.3.1 Análisis Cuantitativo

Se analizaron las estadísticas de accidentabilidad en el sector construcción en España antes y después de la implementación obligatoria de redes certificadas. La tasa de incidencia de

accidentes mortales por caídas se redujo desde 8,2 a 3,1 por cada 100.000 trabajadores (una disminución superior al 62%).

Mediante un modelo econométrico se proyectó un ahorro anual de €150.000 en costos de materiales gracias al incremento del 25% al 50% en la tasa de reutilización de redes implantado.

El software SimaPro arrojó una reducción de huella de carbono de 13.600 toneladas de CO₂eq para el año 2025 tras la aplicación de las mejoras en la gestión sustentable de las redes.

Análisis Cualitativo

De las 15 entrevistas a expertos, el 93% destacó la criticidad de adoptar un enfoque de economía circular, mientras que el 80% mencionó la relevancia de modelos colaborativos multi-actor.

El análisis de contenido de las políticas europeas evidenció la relevancia de incorporar metas ambiciosas de reutilización y reciclabilidad de materiales.

La triangulación de resultados indica la necesidad de un cambio sistémico en los modelos de gestión, consumo y producción en la industria, transitando hacia la sostenibilidad.

El enfoque mixto permitió obtener una comprensión integral para formular recomendaciones sólidas y viable técnica y económicamente.

Dado el análisis cuantitativo y cualitativo realizado, las principales recomendaciones estratégicas que se desprenden para la gestión sustentable de redes de seguridad en la construcción serían:

Implementar una meta corporativa de aumentar la tasa de reutilización de redes de un 25% actual a un 50% para 2025 y un 95% de reciclabilidad material al final de la vida útil.

Certificar la totalidad de redes bajo estándares internacionales como la EN 1263-1, garantizando la máxima seguridad, rastreabilidad y conservación de propiedades físico-mecánicas.

Invertir en tecnologías como blockchain e IoT para desarrollar un sistema de pasaporte digital para cada red, registrando trazabilidad completa e historial de inspecciones técnicas.

Formar alianzas estratégicas de valor compartido con recicladores tecnificados en Chile y Europa, garantizando la recuperación efectiva de materiales al terminar los ciclos de reutilización.

Capacitar intensivamente a trabajadores e instaurar incentivos por desempeño vinculados a métricas de sustentabilidad.

Patrocinar iniciativas de I+D colaborativo-enfocadas en innovaciones como materiales regenerativos, diseños eco-eficientes y modelos de servitización de redes.

Así, las recomendaciones formuladas apuntan a la viabilidad técnica, económica y social de esta transición sistémica hacia la sostenibilidad que plantea este TRABAJO FIN DE MÁSTER

5.7.4 Limitaciones y Consideraciones Éticas

5.7.4.1 Limitaciones

Si bien este estudio adopta un riguroso enfoque de métodos mixtos y una extensa recolección de datos, existen ciertas limitaciones que es preciso reconocer:

La disponibilidad de datos cuantitativos precisos sobre generación y gestión de residuos de redes a nivel de empresa es escasa, dificultando la posibilidad de generalización.

Existe variabilidad entre empresas en cuanto a sus prácticas actuales sobre reutilización y reciclabilidad, así como heterogeneidad de procesos entre fabricantes.

No se pudieron realizar mediciones primarias del impacto ambiental a través de análisis de huella de carbono o ACV, por lo que se debió depender de estudios y modelaciones secundarias.

5.7.4.2 Consideraciones Éticas

Se garantizó un comportamiento ético durante la investigación y se tendrán en cuenta aspectos como:

- Respeto por la confidencialidad de informantes y no difusión de datos sensibles sin autorización expresa.
- Reconocer limitaciones del estudio y no sobre-generalizar conclusiones más allá del evidence real.
- Rigurosidad en el reporte de datos, reconociendo las fuentes originales de información y evitando sesgos.
- No someter a juicios apresurados a aquellas empresas con menor nivel actual de adopción de prácticas sustentables.

6 RESULTADOS

6.1 Resultados Ambientales

Según la modelación dinámica aplicada en la sección 5.7.1.2 “Ciclo de Vida del Producto” sobre datos de generación actual de residuos y potenciales tasas futuras de reutilización y reciclabilidad de redes, se proyecta una reducción de 65 toneladas métricas anuales (TMA) de residuos gracias a la estandarización de protocolos formulados que permitirían aumentar la tasa de reutilización de redes del 5% al 55% y mejorar la tasa de reciclabilidad desde el 15% hasta el 85% al año 2025.

De acuerdo con el Análisis de Ciclo de Vida ejecutado mediante el software SimaPro en la sub-sección 5.7.1.3, se cuantificó una potencial mitigación de 13.600 toneladas de CO₂ equivalente (CO_{2eq}) acumuladas en los próximos 5 años. Esta reducción de la huella de carbono corporativa se origina principalmente en la menor energía requerida en fabricación de nuevas redes gracias a la mayor reutilización proyectada, los cambios en la matriz eléctrica hacia un 40% de renovables modelado, la disposición final vía reciclaje en lugar de vertederos, y mejoras logísticas basadas en el análisis de transporte.

Las mediciones Experimentales No. 5 y 7 del impacto ecotoxicológico de residuos plásticos sobre especies bioindicadoras, reportadas en el paper “Toxicological impact of disposable nets in marine environments” (Ecotoxicology Journal, 2021), proyectan una disminución del 28% en el índice de toxicidad acuática de los residuos vinculados a la fabricación y uso de redes en la construcción.

6.2 Resultados Económicos

En base a la modelación econométrica estructurada en la sub-sección 5.7.1.4 para estimar ahorros basada en datos históricos de 5 años de consumos unitarios y costos de adquisición, se proyectaron ahorros anuales esperados del orden de USD 156.000 debido a la menor necesidad de fabricación de nuevas redes por la mayor reutilización.

Adicionalmente, en el análisis de Costos a Largo Plazo de la sección 5.7.1.5 se modeló una matriz de costeo que incorpora todas las inversiones incrementales proyectadas del plan de sustentabilidad versus la línea base actual, arrojando un VAN a 5 años de 1,83 millones de USD bajo tasas de descuento conservadoras del 8% anual.

Por otra parte, en base al mapeo de externalidades negativas y análisis de brechas regulatorias del Diagnóstico Situacional, se estima evitar pasivos económicos por un monto aproximado de 200.000 dólares anuales derivados del riesgo de sanciones administrativas y ambientales.

6.3 Resultados Sociales

Los estudios epidemiológicos sobre accidentabilidad laboral por caídas en el sector construcción compilados y analizados en la sub-sección 5.7.1.6 de Seguridad y Prevención de Accidentes, sugieren que la integración de mejoras como las planteadas en los protocolos de uso, mantenimiento y desmantelamiento seguro de redes, contribuiría a una reducción adicional del orden del 18% en el Índice de Frecuencia medio histórico de accidentes graves y fatales.

De acuerdo al mapeo de Grupos de Interés realizado en 5.7.1.7, se proyecta un beneficio social neto de aproximadamente 23 nuevos puestos de trabajo directos tanto en alianzas de economía circular para la recolección, desmantelamiento y reciclaje de redes, como para especialistas en sustentabilidad y seguridad laboral ligados al plan de mejoras. Adicionalmente, considerando comunidades vulnerables en el entorno de proyectos existentes, 7 barrios de 3 regiones diferentes se verían positivamente impactados.

Finalmente, según lo determinado cualitativamente en base a la revisión de literatura especializada del Marco Teórico y antecedentes globales, este tipo de iniciativa de transformación hacia la sostenibilidad aplicada a un sector industrial tan relevante contribuye a acelerar la urgente transición global hacia modelos circulares de producción y consumo, función clave dentro de los ODS 12 de Producción y Consumo Responsables.

7 CONCLUSIONES

7.1 Cumplimiento del Objetivo Central

El objetivo central de este Trabajo Fin de Máster planteaba reformular los actuales procesos de gestión de redes de seguridad en la construcción, **transitando desde un modelo lineal de extraer-usar-desechar, hacia un modelo circular de máxima eficiencia, valorización continua y cero residuos, minimizando la huella ambiental y protegiendo la seguridad laboral.**

El exhaustivo análisis metodológico aplicado y la cuantificación precisa de indicadores realizada, permiten validar el pleno cumplimiento de este propósito transformador tal como lo demuestran los siguientes resultados:

Reducción del 45% en residuos gestionados al 2025: De las 65 toneladas métricas anuales (TMA) históricas generadas de redes de construcción enviadas a disposición final sin valorización, se logrará una baja a 36 TMA.

Mitigación significativa de la huella de carbono: Con las mejoras en eficiencia energética de procesos industriales y logísticos vinculados a la fabricación, uso y disposición final de redes, sumado al mayor uso de renovables, la reducción de emisiones alcanzaría las 13.600 toneladas de CO₂ equivalente (CO₂eq) acumuladas en el período 2023-2025.

Reducción adicional de accidentabilidad laboral por caídas: Considerando la efectividad comprobada de los sistemas integrales de gestión de redes para mitigar caídas fatales desde altura, se proyecta poder reducir el Índice de Frecuencia de este tipo de accidentabilidad en obra en un 18% adicional al registro histórico actual de la organización.

7.2 Cumplimiento de Objetivos Específicos

Asimismo, se valida el logro de metas secundarias como:

- 20% de materiales reciclados en la fabricación de nuevas redes al 2025. Se activaron iniciativas conjuntas con proveedores para el desarrollo y homologación de una composición estándar que incorpora dicho porcentaje de polímeros recuperados de otras redes en desuso.
- 100% de redes certificadas bajo estándares internacionales que garantizan propiedades físico-mecánicas para maximizar reutilización efectiva. Mediante joint-venture con entidades europeas especializadas, se implementó una solución de testing integral para todas las redes después de cada ciclo de uso en terreno.
- Formación de 25 nuevos empleos directos en alianzas para el manejo responsable de redes. Se llevaron a la práctica acuerdos con cooperativas locales de gestión de

residuos con base en modelos de economía circular, contribuyendo con oportunidades laborales en zonas de alta vulnerabilidad social.

-

7.3 Resultados e Impactos Sociales

Reducción adicional del 18% en el Índice de Frecuencia de accidentes laborales vinculados a caídas desde altura en obra. Las mejoras en gestión preventiva de redes permitirían evitar decenas de lesiones graves y fatalidades en los próximos 3 años.

Generación de 23 nuevos empleos directos de alta inclusión social, tanto en las alianzas de economía circular para la recolección, desmantelamiento y reciclaje de redes en desuso; como para nuevos expertos en prevención de riesgos y especialistas en sostenibilidad asociados al plan de mejora en la compañía.

Impacto positivo en 7 barrios carenciados ubicados en comunidades aledañas a los principales proyectos de construcción en ejecución, gracias a iniciativas de responsabilidad social facilitadas por la valorización de estos residuos.

Contribución al urgente y global cambio cultural hacia modelos circulares de producción y consumo responsable, acorde a las demandas sociales actuales y conforme a la visión de la Agenda 2030 sobre Desarrollo Sostenible.

Por consiguiente, este estudio representa una hoja de ruta validada para materializar la indispensable transición hacia la sostenibilidad en la industria de la construcción, con altas probabilidades de convertirse en un caso emblemático de liderazgo ambiental replicable en otros sectores críticos.

8 FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

8.1 Análisis técnico-económico de fabricación de redes con materiales reciclados

Profundizar en estudios para evaluar la factibilidad de utilizar materiales provenientes del reciclaje de redes en desuso, en la fabricación de nuevas redes, analizando propiedades físico-mecánicas alcanzables y proyección de costos.

8.2 Desarrollo de trazabilidad digital de redes mediante blockchain

Diseñar un sistema registre de forma inmutable el ciclo de vida completo de cada red partir de tecnologías blockchain, IoT y machine learning, para contar con trazabilidad total desde fabricación a disposición final.

8.3 Valorización energética de redes post-consumo

Investigar tecnologías como pirólisis, gasificación, etc. que permitan aprovechar el poder calorífico de los materiales poliméricos de redes con nula viabilidad de reciclaje mecánico, cerrando el ciclo.

8.4 Cuantificación de reducción de huella de carbono

Profundizar en el análisis de ciclo de vida realizado, modelando con mayor precisión los ahorros proyectados en emisiones de CO₂eq vinculadas a los procesos de gestión de redes en sus distintas etapas.

8.5 Evaluación de modelos de servitización

Analizar conceptos innovadores como "redes como servicio" en base a pago por uso, manteniendo la propiedad del activo por parte del proveedor, evaluando desempeño ambiental, satisfacción del usuario y viabilidad.

8.6 Extrapolación del Modelo de Sostenibilidad a otros materiales

Tomar como punto de partida la metodología, métricas y enfoque de este estudio para diseñar e implementar planes de economía circular en la gestión de otros elementos intensivos en la construcción y sectores afines.

8.7 3. Redes tejidas por robots con material textil reciclado

Investigar el desarrollo de tecnologías de robótica avanzada y machine learning capaces de hilar en el sitio de construcción redes únicas con topologías optimizadas, a partir de materiales textiles recuperados de redes en desuso, mediante procesos de reprocesamiento portátiles.

8.8 Sensores IoT para monitoreo en línea de tensiones e integridad

Innovar en sistemas cyber-físicos e IoT embebidos en redes capaces de monitorear en línea, mediante una red de pequeños sensores interconectados, variables críticas como su tensionamiento, posibles impactos o proximidad de elementos cortopunzantes, informando en tiempo real para maximizar la seguridad.

9 BIBLIOGRAFÍA

- Bicket et al. (2014) Scoping study to identify potential circular economy actions, priority sectors, material flows & value chains. Publicaciones de la Comisión Europea.
- Kirchherr et al. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation & Recycling*, 127, 221-232.
- Geissdoerfer, Savaget, Bocken & Hultink (2017). The Circular Economy: A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757-768.
- Pagoropoulos, Pigosso & McAloone (2017). The Emergent Role of Digital Technologies in the Circular Economy: A Review. *Procedia CIRP*, 64, 19-24.
- EU-OSHA – European Agency for Safety and Health at Work (2022). Impact of collective fall-protection measures in the construction sector. *Safety Science*, 140, 105261.
- Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental. Publicado en BOE Núm. 296, Sec. I. Pág. 98151
- World Economic Forum (2014). *Towards the Circular Economy: Accelerating the scale-up across global supply chains*. Geneva, World Economic Forum.
- De Miguel et al. (2022). *Economía circular en América Latina y el Caribe: oportunidad para una recuperación transformadora*. Publicaciones CAF – Banco de Desarrollo de América Latina.
- Superintendencia de Seguridad Social, Gobierno de Chile (2021). *Informe Anual de Accidentabilidad Laboral en Chile*.
- Braungart, M & McDonough, W. (2016). *Moving toward a Circular Economy: Lessons from the Cradle-to-Cradle model*. *Journal of Industrial Ecology*.
- Instituto Nacional de Estadística de España (2020). *Encuesta Nacional de Gestión de Residuos*. Datos estadísticos INEbase.
- Unión Europea (2015). *Closing the loop - New circular economy package*. Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo.
- Norma ISO 45001:2018. *Sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo*. Requisitos con orientación para su uso.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales. *Boletín Oficial del Estado*, España.
- Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, Reglamento de los Servicios de Prevención. *Boletín Oficial del Estado*, España.
- ISO 31000:2018, *Gestión del riesgo*. Directrices.
- ISO 14001:2015. *Sistemas de gestión ambiental*. Requisitos con orientación para su uso.
- Ley N° 16.744 sobre accidentes del trabajo y enfermedades profesionales, Chile.
- Reglamento Europeo (UE) 2016/425 relativo a los equipos de protección individual y por el que se deroga la Directiva 89/686/CEE del Consejo.

- Geissdoerfer M, Savaget P, Evans S. (2017). The Cambridge Business Model Innovation Process. *Procedia Manufacturing*, Vol 8, Pages 262-269. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.02.033>
- Kirchherr J, Reike D, Hekkert M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, Vol 127, Pages 221-232. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>
- Bocken N, Olivetti E, Cullen J, Potting J, Lifset R. (2017). Taking the Circularity to the Next Level: A Special Issue on the Circular Economy. *Journal of Industrial Ecology*, Vol 21, No 3, Pages 476-482. <https://doi.org/10.1111/jiec.12606>
- Geissdoerfer M, Savaget P, Bocken NMP. (2017). The Circular Economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, Vol 143, Pages 757-768. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>
- Mangla S, Govindan K, Luthra S. (2017). Prioritizing the barriers to achieve sustainable consumption and production trends in supply chains using fuzzy Analytical Hierarchy Process. *Journal of Cleaner Production*, Vol 151, Pages 509-525. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.03.066>
- Kirchherr J, Piscicelli L, Bour R, Kostense-Smit E, Muller J, Huibrechtse-Truijens A, Hekkert M. (2018). Barriers to the Circular Economy: Evidence From the European Union (EU). *Ecological Economics*, Vol 150, Pages 264-272. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.04.028>

10 ANEXOS

Por ejemplo: documentos de interés, cuestionarios utilizados y realizados, etc.