

Economía circular en contratos de la dirección de vialidad: aplicación a la demolición del puente Santalsabel en la región de Ñuble

Circular economy in highway directorate contracts: application to the demolition of the Santa Isabel bridge in the Ñuble Region

Javier Díaz¹, Marcelo Márquez²

¹Universidad Federico Santa María, Valparaíso, Chile, javier.diazg.14@sansano.usm.cl

² Dirección de Vialidad, Santiago, Chile, marcelo.marquez@mop.gov.cl

Como parte de las etapas del ciclo de vida de un puente están, entre otras, el diseño, la ejecución y la operación. En Chile existen puentes en operación que están cercanos a cumplir con su vida útil de diseño, e incluso hay casos en los cuales se ha visto superada. Cuando se planifica la reposición de un puente debe tomarse la decisión de si la estructura antigua debe demolerse. Desde el año 2021, y para todas las obras de construcción de la Dirección de Vialidad se incluye la partida Plan de Gestión de Residuos de la Construcción que aborda las actividades de demolición desde la perspectiva del uso eficiente de los residuos. El presente trabajo tiene como objetivo presentar la experiencia en la aplicación de dicha partida en la demolición del puente Santa Isabel, como parte

del contrato Reposición Ruta N-59-Q Chillán-Yungay, Región de Ñuble, siendo este caso la primera vez que aplica para un activo vial tipo puente. En primer término se analizan los aspectos administrativos contractuales, luego se desarrollan los aspectos técnicos del contrato y de la demolición para finalizar entregando conclusiones y propuesta para futuros proyectos. Entre los resultados destacados se puede comentar que aplicar el Plan de Gestión de Residuos de la Construcción en el contrato ha permitido clasificar, seleccionar y segregar materiales para su reutilización y valorización además de minimizar los volúmenes de residuos derivados a disposición final.

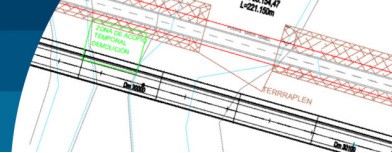
Palabras Clave: Economía circular, puentes, demolición, gestión de residuos inertes.

Introducción

Los puentes son estructuras críticas de la infraestructura civil debido a que garantizan la conectividad de la red vial. De acuerdo al catastro actualizado a diciembre de 2021 la Dirección de Vialidad tiene la tuición de 6.781 puentes. En Chile los puentes se diseñan y construyen empleando distintos materiales, como hormigón armado, hormigón pre esforzado, acero estructural, madera, entre otros, siguiendo los requerimientos establecidos en el Manual de Carreteras. Los puentes viales se diseñan en la mayoría de los casos para una vida útil de 50 años, pero hoy en día existen puentes que están en operación que han sobrepasado largamente su vida útil. Por lo tanto, cuando se planifica la reposición de un puente se debe evaluar la conveniencia de mantener la estructura antigua o demolerla.

Con el fin de minimizar el impacto de dichos residuos y

favorecer la reutilización y su valorización, a partir del año 2021, todas las obras de construcción de la Dirección de Vialidad, han incluido la partida denominada *Plan de Gestión de Residuos de Construcción y/o Demolición (PRCD)*, que se relaciona con la Norma Chilena NCh3562 y con la Ley 20.920 (Ibáñez, 2023). Los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) son residuos que provienen de la construcción de nuevos proyectos, de la rehabilitación, reparación y reacondicionamiento de obras existentes, de los procesos de preparación de terrenos y de la demolición de obras que han perdido su valor de uso o demoliciones que se generan por situaciones de catástrofe (NCh 3562:2019). Anteriormente en Chile, los RCD se conocían como RESCON (Residuos de Construcción), pero el concepto fue modificado con el objetivo de tener un estándar internacional en lo que respecta al manejo de residuos de construcción. Esta homologación de



conceptos busca ser el primer paso de Chile para lograr altos estándares de gestión de RCD.

Contar un de PRCD significa reducir, valorizar y realizar una disposición final adecuada asegurando su trazabilidad, cuyo objetivo es disminuir pérdidas económicas e impactos ambientales. Por esta causa, tal como se muestra en la Figura 1, la jerarquización de los residuos es fundamental, en el proceso donde su primera etapa es prevenir, luego, reutilizar, y reciclar, considerando su valorización y determinando con una buena disposición final de los residuos.



Figura 1. Jerarquización en el manejo de los residuos (Soto y Díaz, 2023)

Hoy en día la normativa apunta tener un estándar internacional en lo que respecta al manejo de residuos de construcción. Esta homologación de conceptos busca ser el primer paso de Chile para lograr altos estándares de gestión de los residuos generados por la construcción y demolición. Los RCD se clasifican en: residuos peligrosos y residuos no peligrosos. Por su parte los RCD no peligrosos se clasifican en residuos inertes y no inertes.

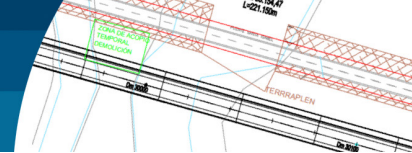
El enfoque del PRCD consiste en considerar lo que estipula la economía circular donde se considera una mirada integral a las actividades económicas en el marco de la sostenibilidad medioambiental. Esto implica un amplio abanico de campos en los cuales se replantean los procesos de producción, los patrones de consumo, el tipo y uso de los materiales, el transporte, la generación de energía, la cadena agroalimentaria, la generación y tratamiento de residuos entre otras. También se alinea con el acuerdo de París en el marco de la convención sobre el

cambio climático y al mismo tiempo con los objetivo de desarrollo sostenible de la agenda 2030 del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), en particular el número 12 que plantea: “Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles y a través del cambio en los métodos de producción y consumo de los bienes y recursos se pueda reducir la huella ecológica para asegurar un crecimiento y desarrollo sostenible.”

Por todo lo anterior, el objetivo principal de este trabajo es exponer la gestión desarrollada como parte de la demolición del puente Santa Isabel incluido en el contrato *Reposición Ruta N-59-Q, Sector Chillán - Yungay, Sector tramo IX, tramo Dm. 28.800,00 al Dm. 30.920,00, comunas de San Ignacio y el Carmen, Provincia Diguillín, Región del Ñuble* ya que es la primer vez que se aplica la partida *Plan de Gestión de Residuos de Construcción y/o Demolición (PRCD)* en un activo tipo puente. Como objetivos secundarios se tiene exponer la gestión realizada en el contrato en torno del plan antes indicado y mostrar los beneficios obtenidos en particular para la demolición del puente.

El contrato considera el mejoramiento de la ruta N-59-Q, el cual contempla modificar la geometría y el trazado en toda la ruta, además del ensanchamiento del perfil tipo actual. Se considera además el mejoramiento del sistema de seguridad vial, del sistema de saneamiento y drenaje de toda la ruta, la reposición y demolición del puente existente. Por otra parte se da solución a las distintas pasadas urbanas, ya sea con la implementación de equipamiento vial urbano como también por la implementación de medidas de seguridad, considerando cruces con ramales/pistas de viraje a la izquierda, en el cruce a la localidad de El Carmen debido a la cantidad de tránsito en el sector, el cual incluye por conceptos de seguridad vial proyectos de iluminación de los cruces. Como pavimento, se consideró una solución en base a mezclas asfálticas tradicionales.

El puente existente tiene fecha estimada de construcción en la década del año 1950. Presenta una longitud de 210 m y ancho de tablero de 7 m, con calzada de 6 m, tal como se muestra en la Figura 2. Posee 2 estribos de hormigón armado y 7 cepas tipo muro también de hormigón armado. El puente tiene una tipología estructural mixta, en 6 tramos la superestructura está conformada por 4 vigas de hormigón armado con losa de hormigón, en algunos tramos



se observan apoyos tipo Gerber, juntas del tipo cantonera metálica y aparatos de apoyo tipo metálicos (rodillo). En 2 tramos se considera el uso de vigas metálicas con losa colaborante en hormigón armado. Finalmente, también se aprecian tramos con un sistema de cajón en hormigón armado. Los dos tramos que presentan viga metálica corresponden a la reconstrucción del puente posterior al terremoto de 1960.

El puente fue construido con distintos materiales, entre los que se tiene hormigón armado y acero estructural, por lo que los materiales recuperables son el hormigón, las barras de refuerzo del hormigón armado y el acero estructural de las vigas.



Figura 2. Vista general puente Santa Isabel (Soto y Díaz, 2023)

Metodología para la gestión de RCD

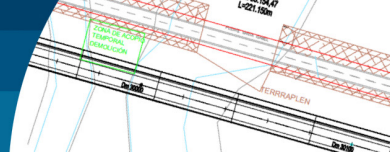
La metodología para la gestión de RCD presenta una serie de fases que se efectuaron en el puente Santa Isabel y que se detallan a continuación.

Primeramente, se analizan los antecedentes contractuales como son las bases de licitación y la oferta del contratista (Fernández et al., 2021), así como la normativa chilena que aplica al estudio. Las bases de licitación consideran como parte de las especificaciones técnicas, entre otros, el ítem 804-2 *Plan de Gestión Residuos de Construcción y/o Demoliciones (PRCD)*. Esta partida se refiere a las consideraciones que debe tener el contratista para el manejo sustentable de los residuos provenientes de la obra, de acuerdo a lo establecido en la NCh 3562 del año 2019. Para ello, previo al inicio de la obra, el contratista debe presentar un plan de gestión de todos los residuos que se genere incluyendo los asimilables a domiciliarios. El plan deberá establecer, entre otros:

- La jerarquía en el manejo de los residuos, los recursos para su implementación, así como el establecimiento de medidas para la prevención de la generación de RCD en la obra objeto del proyecto.
- La persona responsable de la gestión de los RCD en la obra. Entre otras funciones, el responsable debe implementar, monitorear e informar sobre el estado del plan de gestión de RCD.
- La estimación de la cantidad de RCD que se generarán en la obra, expresados en metros cúbicos (m^3) y toneladas (t).
- El programa de capacitación para el personal de la obra y subcontratos, sobre gestión de RCD y sus beneficios.
- Las medidas que se establecerán para la clasificación de los RCD, que deberá estar de acuerdo a cláusula 4 de la NCh 3562, su separación en origen, la recolección selectiva y la cuantificación de los RCD generados en obra (en m^3 y t), identificándolos según su tipo, forma de manejo y destino.
- Las disposiciones para el manejo y valorización de los RCD, considerando un manejo ambientalmente racional de los residuos.
- Las instalaciones y áreas previstas para el almacenamiento, manejo, separación y, en su caso, otras operaciones de gestión de los RCD dentro de la obra, lo cual debe estar dispuesto en planos o croquis.

El contratista debe asegurar la trazabilidad de los RCD y sus procesos, mediante la mantención en obra, durante todo el período de su duración, de la documentación y los registros (digitales o físicos) que aseguren que los RCD generados han sido gestionados de acuerdo a la legislación vigente y aquellos registros que acrediten el manejo de los RCD, la cuantificación de los residuos (en m^3 y t), los documentos de recolección/tratamiento/eliminación de RCD y los registros que señale el PRCD.

Se debe disponer de la documentación que acredite que los RCD generados en la obra se han entregado a un gestor de residuos autorizado. Esto incluye, el manejo y las declaraciones realizadas por el contratista de las emisiones a la atmósfera y residuos peligrosos generados



en la obra en la plataforma de Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes (RETC) del Ministerio del Medio Ambiente.

El PRCD debe identificar los residuos generados incluyendo lo siguiente:

- Estimación de los residuos a generar por cada una de las etapas de la obra de construcción y/o demolición (m^3 y t).
- Clasificación de los RCD.
- Identificación de los residuos de productos prioritarios, cuando corresponda.
- Logística de recolección interna.
- Acopio de RCD provisorio en la obra.

Estos documentos, deben incluir al menos:

- Antecedentes de los gestores (autorizaciones de las instituciones pertinentes).
- Certificados de tratamiento de residuos (valorización y disposición final).
- PRCD y sus registros.
- Tabla resumen de la gestión de los RCD de la obra, por etapas de construcción y/o demolición, indicando las cantidades por tipo de residuo y su tratamiento (valorización o disposición final).
- Declaración de Residuos Peligrosos en la Plataforma del RETC.
- Declaración de Emisiones a la Atmósfera en la plataforma RETC.

El contratista debe anexar toda la documentación que acredite los lugares de disposición final de los residuos, firmados por el receptor de ellos, incluyendo las autorizaciones para los botaderos los que sólo podrán ser utilizados para mejoramientos o recuperación ambiental de terrenos con material proveniente del movimiento de tierra. Los escombros, residuos asimilables a domiciliarios, residuos productos del movimiento de tierra que no fueron destinados a botaderos, residuos peligrosos, deben ser dispuestos en lugares autorizados de acuerdo a la legislación vigente.

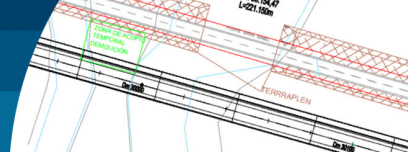
Se debe acreditar la trazabilidad de aquellos elementos provenientes de obra que se hayan reutilizados, enviados a terceros, donados o entregados a la Dirección de Vialidad. Para ello el contratista debe generar bitácoras que permitan hacer el seguimiento de su destino. El receptor del residuo debe firmar la bitácora, estampando su rol único tributario, fecha y lugar de recepción, informando, además, del uso que se le dará a éste. Se debe entregar el registro de la Declaración de Residuos Peligrosos y emisiones a la Atmósfera en la plataforma RETC.

Como parte del proceso se deben identificar aquellos residuos inertes que genera la construcción y demolición en sus distintas etapas, con la finalidad de realizar la separación de los residuos en el origen, para facilitar su tratamiento, disposición y, en los casos que corresponda, reciclaje y reutilización, se mantienen acopiados y señalizados, hasta determinar su disposición final. En el caso de los escombros, fierros y acero estos son donados, para lo cual se debe formalizar la alianza con un privado (gestor del residuo) que tiene las capacidades para reutilizar y reciclar el material solicitado como materia prima para la producción de agregados de hormigón. El acero es separado del hormigón el cual será llevado a disposición final a una planta recicladora de metales para su posterior fundición. Para ello se genera un contrato con los compromisos de ambas partes. Se realiza una inspección visual del sitio para el acopio temporal de las condiciones ambientales, localización y accesibilidad.

Para el adecuado manejo de los desechos o residuos producto de la construcción se deben segregar en el origen, según tipo: fierro de construcción, escombros, chatarra de demoliciones y vigas de acero. Una vez ordenados y clasificados los residuos en el punto limpio y acopios temporales, se procederá a evaluar las potenciales formas de reutilización, considerando alternativas de reciclaje o reutilización.

Análisis de Resultados de la gestión de RCD

El proceso se inicia con la presentación por parte del contratista del PRCD. Como parte del marco legal es importante destacar que la legislación y reglamentación nacional en materia de residuos no tiene (al 2019) apartados específicos para RCD, ya que se encuentra atomizada y



fragmentada a través de leyes dependientes de diferentes organismos públicos. Sin embargo, la gestión de RCD cuenta con una norma específica oficializada de carácter voluntario. La legislación ambiental regula a todos los generadores y gestores de residuos, cuya obligación es declarar a través de los sistemas de reporte habilitados en el sistema de ventanilla única, y cuya reportería se asocia al sistema RETC. La legislación de transporte regula, por una parte, la existencia de ciertas infraestructuras necesarias para obras que generan más de 60.000 toneladas de residuos y, por otra, el transporte de desechos a vertederos clandestinos. A continuación, se detallan las leyes, reglamentos y normas más importantes:

- NCh 3562:2019 Gestión de residuos – Residuos de construcción y demolición (RCD) -Clasificación y directrices para el plan de gestión, plantea una guía para ayudar a equipos profesionales en terreno a gestionar sus RCD de forma eficiente y responsable.
- Ley 20.920 (2017) - Ministerio del Medio Ambiente Marco para la gestión de residuos, la responsabilidad extendida del productor y fomento al reciclaje.
- Ley 21.161 (2019) -Ministerio de Transporte y Telecomunicación. Esta establece que para verificar si el depósito de los residuos, basuras, escombros o desechos se realizará en un recinto legalmente habilitado, a los transportistas de carga sólo se les exigirá el documento tributario que acredite el origen y destino de su recorrido, ya sea boleta, factura o guía de despacho.
- Modifica Ley 20.879 (2015) - para precisar las autorizaciones requeridas para transportar desechos. Sanciona a través de multas el transporte de desechos a vertederos clandestinos. Esta ley va dirigida para empresas generadoras, empresas transportistas y choferes.
- Decreto Supremo 01 (2013) - Ministerio del Medio Ambiente Registro de emisiones y transferencias de contaminantes (RETC) que captura, recopila, sistematiza, conserva, analiza y difunde la información sobre emisiones, residuos y transferencias de contaminantes potencialmente dañinos para la salud y el medio ambiente que son emitidos al entorno,

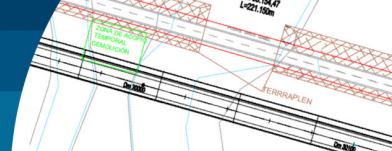
generados en actividades industriales o no industriales o transferidos para su valorización o eliminación.

- Decreto Supremo 148 (2003) - Ministerio de Salud Reglamento sanitario sobre manejo de residuos peligrosos.
- Resolución 5081 (1993) - Ministerio de Salud Establece sistema de declaración y seguimiento de desechos sólidos industriales.
- Decreto con Fuerza de Ley 725 (1968) - Ministerio de Salud Código Sanitario que rige todas las cuestiones relacionadas con el fomento, protección y recuperación de la salud de los habitantes de la República. Fija las condiciones de saneamiento y seguridad relativas a la acumulación de basuras y desperdicios.
- Reglamento sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales básicas en los lugares de trabajo D.S. 594/99.
- D.S. 148 Reglamento Sanitario sobre Manejo de Residuos Peligrosos. RESPEL.
- D.S 43/2015 Almacenamiento de Sustancias Peligrosas.
- Norma Chilena NCh 3322 de colores de reciclaje en Chile.

Para el proyecto del puente Santa Isabel, se consideraron recicladores base, gestores de residuos, transportistas, una planta de valorización de residuos y una planta de relleno controlado. Así mismo, la Ilustre Municipalidad El Carmen cuenta con programas de recuperación y pavimentación de caminos rurales donde se puede utilizar parte de la demolición de la carpeta asfáltica. Respecto de puntos limpios cuentan con un acopio para el plástico PET N°1. Además, en la comuna de Chillán se cuenta con puntos limpios para depositar otros residuos no peligrosos y también con empresas recicladora y comercializadora donde se valorizan los residuos.

La estimación de RCD a generar en el proyecto son las indicadas en la Figura 3.

El procedimiento principal en terreno se enfoca en la separación de residuos en origen, según su tipología, responsabilizando a realizar la acción de separación, en



Etapas	Estimación de Cantidad de Residuos Para Generar					
	Sub-Etapas	Estimaciones				
		Volumen	U.	Conversión	Toneladas	U.
Obras Preliminares	Hormigón-Inst de Faenas	84	M³	2.40	201.60	(T)
	Madera Inst de Faenas	20	M³	0.34	6.80	(T)
	Acero Inst de Faenas	5	M³	7.85	39.25	(T)
	Residuos peligrosos	2	M³	1.00	2.00	(T)
	Punto limpio	1	M³	1.20	1.20	(T)
Puente	Hormigón-Infraestructura y Super estructuras	70	M³	2.40	168.00	(T)
	Madera-Infraestructura Superestructura	10	M³	0.34	3.40	(T)
	Acero-Infraestructura y Super estructuras	1	M³	7.85	7.85	(T)
	Excavación y escarpe	10.000	M³	1.50	15000.00	(T)
	Residuos Peligrosos	0.5	M³	1.00	0.50	(T)
Demolición	Remoción de Estructuras	103	M³	2.40	247.20	(T)
	Remoción de ductos	20	M³	0.93	18.60	(T)
	Remoción pavimentos asfálticos	2357.2	M³	2.00	4714.40	(T)
	Remoción Obras de drenaje	30	M³	0.93	27.90	(T)
	Remociones barreras de contención	40	M³	7.85	314.00	(T)
	Remoción señalización vertical	10	M³	7.85	78.50	(T)
	Remoción de aceras	15	M³	2.40	36.00	(T)
	Remoción de cercos	120	M³	0.34	40.80	(T)
	Remoción de paradas	6	M³ ³⁰	1.00	6.00	(T)
	Remociones bajadas de agua	6	M³	0.93	5.58	(T)
Pavimentación	asfalto	0.5	M³	0.5	1.00	(T)
Movimiento de Tierra	Escarpe	17.604	M³	1.50	24.645,6	(T)
	TCN	5.981	M³	1.50	8.373,4	(T)

Figura 3. Estimación de cantidad de residuos del contrato (Soto y Díaz, 2023)

cada una de áreas o partidas del proyecto generadores de residuos. Una vez separado cada residuo en la zona de trabajo, se responsabiliza a un equipo de trabajo encargado del manejo interno de los residuos de todo el proyecto, este equipo se conforma por supervisores y jornales de manejo residuos, su cantidad depende de las características del proyecto. La función principal de este equipo es diariamente transportar eficientemente los residuos separados desde su origen hasta el centro de acopio de residuos del proyecto, utilizando la menor cantidad de recursos, principalmente de horas hombre y maquinaria que se comparte para todas las partidas de la obra como la retro excavadora y camiones. Cuando el residuo separado llega al centro de acopio del proyecto, es recibido por un encargado ambiental, la función principal de este trabajador es mantener limpio, ordenado y señalizado el centro de acopio de residuos, dirigiendo y enseñando a sus compañeros, la correcta disposición de cada residuo. Además, se encarga de seleccionar el residuo que puede pasar a un tratamiento de valorización, reciclando o reutilizando en alguna partida interna del proyecto. Todo lo mencionado anteriormente debe ir acompañado constantemente de inducciones, capacitaciones y comunicación de modificaciones de los estándares, procedimientos y objetivos que se describen en

el plan de gestión de residuos a todos los trabajadores del proyecto.

Donde se generan los principales residuos valorizados del proyecto, corresponde a los residuos de hormigón, la demolición del camino y puente. Una parte de estos son donados a la Ilustre Municipalidad El Carmen para el proyecto de pavimentación de caminos rurales, otros son donados a Instituciones sin fines lucro y donaciones a personas naturales que requieren material para relleno. También todas aquellas señaléticas que se encuentren en el camino son dispuestas a la Dirección de Vialidad de Ñuble. El segundo corresponde al despunte de fierro que, gracias a un procedimiento de reutilización, se genera una menor pérdida del residuo, lo que posteriormente es vendido a una empresa dedicada al reciclaje de chatarra ferrosa, localizada en km 35 ruta Chillán-Yungay, si bien este es un gestor intermedio, ya que ellos realizan la disposición final en un centro de fundición y transformación de los metales de una compañía siderúrgica ubicada en Talcahuano. El tercer residuo es la madera que se reutiliza en diferentes partidas de la obra y en las instalaciones provisionarias del proyecto, estos son donados a Juntas de Vecinos o particulares que la soliciten. Aquellos residuos como: cartón, vidrio y plástico enfocado principalmente en la economía circular, son reciclados y enviados a una empresa autorizada en la región, localizada en la comuna de Chillán.

Respecto del levantamiento del escarpe, un porcentaje de ésta son dispuestos en botadero autorizado para este proyecto por la Dirección de Vialidad, otro porcentaje son reutilizados en proyectos particulares e instituciones sin fines de lucro, tales como un liceo que requiere generar espacios de áreas verdes y recreación como mejorar una cancha de fútbol. También la obra mantiene un acopio temporal con aquel material que es reutilizado en las terminaciones de taludes y relleno para las áreas verdes del proyecto. Finalmente, aquellos residuos peligrosos, residuos domiciliarios y escombros que no se puedan reutilizar, serán dispuesto en una planta dedicada al manejo y disposición final de los residuos, localizada en Variante Cruz km 1,5 Chillán Viejo.

En otro aspecto, como parte del control de residuos, se establecen fichas de registro para el control mensual de la Gestión de Residuos de Construcción y Demolición. La ficha incluye ítems sobre identificación del generador

titular del proyecto, del ejecutor de las obras, la obra de procedencia de los residuos y de la empresa transportista. Además, se considera la identificación del destino final (o intermedio), considerando la firma del representante generador ejecutor de las obras y del representante gestor final de los RCD. En el caso particular de la demolición del puente, el proceso continúa con reuniones de coordinación para establecer la metodología de demolición, los recursos que son necesarios para cumplir la metodología y finalmente analizar la disposición final de los escombros, que para este caso es de aproximadamente 2000 m3.

En contratos tradicionales, y hasta antes que los proyectos consideran la aplicación del RCD, se planificaba el traslado de la totalidad de los escombros a un botadero autorizado. Con la inclusión del plan a los proyectos públicos, se abre la posibilidad de reciclar y reutilizar estos escombros, pero se abre el desafío para el caso de estudio de encontrar la forma de hacerlo, para lo cual aparecen distintas alternativas. Depende principalmente de los gestores y condiciones mismas de cada proyecto (locación, envergadura y materiales a reciclar), el conocer y estudiar los procesos, generando un ahorro significativo para todas las partes involucradas en una obra de construcción vial y ser un beneficio para los gestores que tengan la capacidad de reutilizar como materia prima, ya sea por medio de un contrato de donación de los mismos, dejando expresamente que él se hará cargo del traslado y separación de los residuos. Por parte de la constructora se compromete a generar los acopios temporales tal como se muestra en la Figura 4, para que pueda realizar su proceso directamente desde la obra a la empresa en funcionamiento. Además, el contratista se compromete con gestión de los resguardos de seguridad y medioambiente.

La gestión realizada en el contrato en torno al proceso de RCD aplicado al puente Santa Isabel es el que se muestra en la Figura 5.

La evaluación en un PRCD es un proceso continuo, que permite la recolección de información de forma constante, dando un seguimiento a la ejecución y cumplimiento del plan durante todo el proceso. Los datos que se obtienen a partir de la evaluación son los indicadores que permiten hacer el análisis de la efectividad del plan, pudiendo hacer correcciones, o bien, replicándolo por sus buenos resultados. La trazabilidad es una herramienta que le

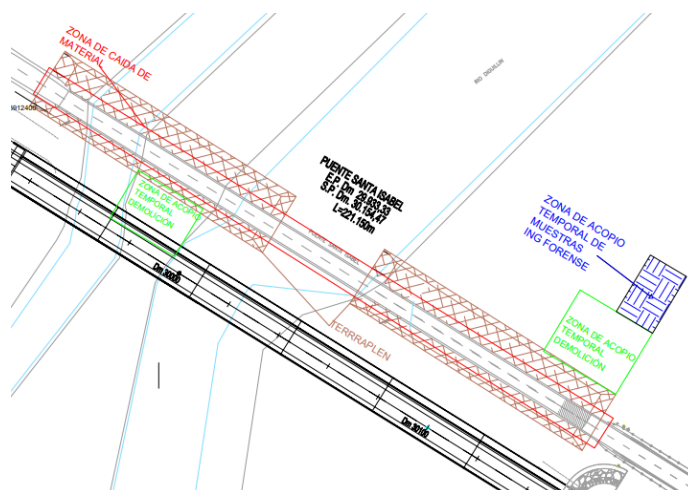


Figura 4. Esquema de acopio temporal producto de la demolición del puente (Soto y Díaz, 2023)

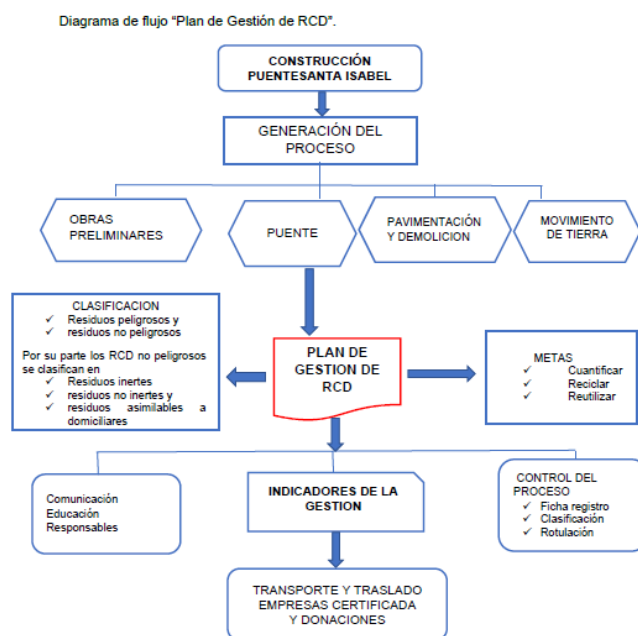


Figura 5. Flujograma gestión puente Santa Isabel (Soto y Díaz, 2023)

permite al generador de residuos el acompañamiento y control de la gestión de los residuos. De esta forma, se garantiza que los ciclos de su gestión sean finalizados dentro de los plazos y metas establecidas.

Al aplicar la metodología descrita en el caso de estudio se obtienen los siguientes indicadores:

- Se logró disminuir posibles pérdidas económicas e impactos ambientales generados por los procesos constructivos y/o demoliciones de obras viales

llegando incluso a disponer para reciclaje o reutilización el 100% de los escombros que genera la demolición del puente.

- Se garantizó una producción sostenible a través de la reutilización de los desechos que genera la construcción en sus diversas etapas, reintegrándolos al flujo económico y evitando la pérdida de recursos naturales, de consumo, energía y tiempo.
- Se optimizó el volumen de residuos asociados a la gestión de disposición final, se establecieron mecanismos que garantizaron la trazabilidad y valorización de los residuos inertes. Se capacitó a los encargados de realizar la separación de residuos en el origen fomentando las buenas prácticas y fortaleciendo los diferentes sistemas de reciclaje, promoviendo hábitos y costumbres del manejo de los residuos. Se establecieron responsables del transporte y vigilancia del correcto traslado de escombros, hormigón, demoliciones, carpetas de asfaltos, entre otros, hacia botaderos autorizados y donaciones a la comunidad.
- Se cumplió con la metodología expuesta en cada aspecto de la ley mencionada, generando la economía circular que se proyectaba pudiendo así cumplir con las expectativas de la propuesta desarrollada.

Estas características son relevantes en los estudios de economía circular en cuanto a los potenciales usos de algunos de estos elementos posteriores al proceso de demolición (ejemplo las vigas metálicas para puentes menores), o establecer los materiales que puedan utilizarse como el hormigón para material granular en nuevos hormigones. Adicionalmente, el estudio de estructuras históricas es de gran interés, dado que aportan información fundamental para el desarrollo de procesos asociados a la ingeniería forense.

Conclusiones

El artículo expone los aspectos incorporados en la gestión de los residuos de un contrato de infraestructura vial, el cual aplica el PRCD en particular para el puente Santa Isabel, reintegrándolos al flujo económico y así evitando la pérdida de recursos naturales, de consumo, energía y

tiempo. Basado en esta experiencia y de los resultados obtenidos al aplicar el plan propuesto se puede concluir:

- La Economía Circular, aplicada a obras de infraestructura vial y en particular al activo tipo puente, genera beneficios a todas las partes involucradas en un contrato, entre ellas la Dirección de Vialidad.
- El reciclar o reutilizar es una alternativa válida como parte del PRCD en proyectos de la Dirección de Vialidad, en particular cuando se considera la demolición de un puente.
- Aplicar la gestión de residuos a un contrato de infraestructura vial, y en particular para la demolición de un puente, logra generar en los equipos de trabajo un cambio cultural, tanto en el personal administrativo como en el personal de terreno, asociado a la cultura ecológica.

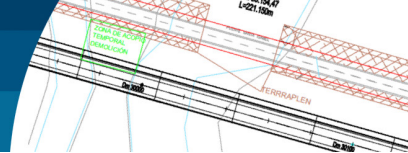
En cuanto a las futuras líneas de investigación sería pertinente analizar mejoras a incluir al plan, desde el punto de vista administrativo y técnico, y analizar posibles alternativas de uso a las materias producidas por los residuos de la construcción y demolición de obras de infraestructura vial. De la misma forma, se deben implementar protocolos de seguimiento del uso de estos residuos tanto en empresas como en la comunidad con el objeto de asegurar los beneficios de este tipo de implementación.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Dirección de Vialidad del Ministerio de Obras Públicas y a la empresa Bründl Construcciones S.A. por su apoyo durante el desarrollo de este trabajo.

Referencias

- Ibáñez, P. (2023). *Revista de Obras Públicas*. Ministerio de Obras Públicas.
- Fernández R., Soto E., Flores M., Herrera C. & Campos J., (2021). *Antecedentes de licitación. Reposición Ruta N-59-Q, Sector Chillan Yungay, Tramo IXDM. 28.800,00 AL dm 30.920,00, Comunas de San Ignacio y El Carmen, Provincia de Diguillín, región del Ñuble, Ministerio de Obras Públicas, Gobierno de Chile.*



Carmine I. & Díaz J. (2023). *Protocolo investigación de ingeniería forense del puente Existente “Santa Isabel”* Anexo Procedimiento demolición. Bründl S.A. El Carmen, Región de Ñuble.

Soto M. & Díaz. J (2023). *Procedimiento de la gestión Ambiental en el proceso de demolición del puente Santa Isabel*. Anexo Procedimiento demolición. Bründl S.A. El Carmen, Región de Ñuble.

NCh 3562 (2019). *E Residuos de construcción y demolición (RCD) Gestión de residuos – Residuos de construcción y demolición (RCD) -Clasificación y directrices para el plan de gestión*.

Decreto Supremo 01 (2013) - Ministerio del Medio Ambiente., *Registro de Emisiones y Transferencias de Contaminantes (RETC)*.

Mantenimiento vial (2021). *Manual de Carreteras Volumen N°7, Ministerio de Obras Públicas, Gobierno de Chile*.

Estudios y criterios ambientales en proyectos viales (2021). *Manual de Carreteras Volumen N° 9, Ministerio de Obras Públicas, Gobierno de Chile*.