



UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

SEDE CONCEPCIÓN REY BALDUINO DE BELGICA

CONCEPCIÓN

**“ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO DEL USO DE DURMIENTES
RECICLADOS EN EL PROYECTO: “ESTUDIO DE
MEJORAMIENTO DE LA CONECTIVIDAD URBANA DE
CONCEPCIÓN Y RÍO BIOBÍO”**

Antonio Javier Castillo Pino

2019

UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA

SEDE CONCEPCIÓN

“REY BALDUINO DE BÉLGICA”

**“ANÁLISIS TÉCNICO Y ECONÓMICO DEL USO DE DURMIENTES
RECICLADOS EN EL PROYECTO: “ESTUDIO DE MEJORAMIENTO DE LA
CONECTIVIDAD URBANA DE CONCEPCIÓN Y RÍO BIOBÍO”**

**TRABAJO PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CONSTRUCTOR**

Alumno : Antonio Javier Castillo Pino.

Profesor Guía: Sr. Alejandro Obando Aguilar

2019

RESUMEN

El presente trabajo de título se refiere a realizar un estudio técnico y económico en la implementación de durmientes reciclados, los que son de materiales sintéticos como el polietileno y caucho. Esta investigación está centrada para los futuros proyectos de ferrocarriles del estado, principalmente abordando al soterramiento “Estudio de mejoramiento de la conectividad urbana en Concepción y río Biobío” el que tiene como objetivo conectar la ciudad hacia el río.

El primer capítulo abarca sobre describir las características de los durmientes reciclados, sus inicios, aplicaciones y especificaciones técnicas.

En el segundo capítulo, se realizara un estudio técnico de la instalación durmientes reciclados en el proyecto “Estudio de mejoramiento de conectividad urbana de Concepción y Río Biobío”, analizando los objetivos del proyecto, tramos a intervenir y la instalación de los durmientes.

En tercer lugar, se determinaran los costos de instalación de durmientes reciclados en el proyecto. Se especificara el costo de los durmientes reciclados, envío y traslado hacia Concepción (Se venden en el extranjero), valor de fijaciones y mano de obra de instalación.

En cuarto y último lugar, se elaborara un análisis comparativo de los durmientes de hormigón pretensado y madera con respecto a los durmientes reciclados, tomando en cuanto su durabilidad, valor, peso y principales características de cada uno.

Finalmente se señalan las conclusiones y posibles recomendaciones para poder implementar este nuevo tipo de durmiente reciclado, el que nunca ha sido instalado en Chile.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	2
OBJETIVO GENERAL	2
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
JUSTIFICACIÓN DEL TEMA	3
CAPÍTULO I: DESCRIPCION DEL PROYECTO	4
1. ESTUDIO DE MEJORAMIENTO DE LA CONECTIVIDAD URBANA DE CONCEPCIÓN Y RÍO BIO BÍO.....	5
1.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO DE MEJORAMIENTO DE LA CONECTIVIDAD URBANA DE CONCEPCIÓN Y RÍO BIO BÍO	5
1.2 LONGITUD Y DURACION DEL SOTERRAMIENTO.	6
1.3 BENEFICIOS Y DESVENTAJAS DEL PROYECTO.....	7
1.3.1 BENEFICIOS.....	7
1.3.2 DESVENTAJAS	8
1.4 MECÁNICA DE SUELO DEL PROYECTO.....	9
1.4.1 ANTECEDENTES EXISTENTES.....	9
1.4.2 PARÁMETROS GEOTÉCNICOS EXISTENTES.....	9
1.4.3 PARAMETROS DE SUELO.....	11
1.5 ELEVACIONES DEL SOTERRAMIENTO.....	11
CAPÍTULO II: PRINCIPALES CARASTERISTICAS DE LOS DIFERENTES TIPOS DE DURMIENTES.....	¡Error! Marcador no definido.
2 ANTECEDENTES.....	14
2.1 QUÉ SON LOS DURMIENTES.....	14
2.2 CARASTERISTICAS DE LOS DIFERENTES TIPOS DE DURMIENTES.....	15
2.3 FOTOGRAFIAS DE LOS DIFERENTES TIPOS DE DURMIENTES.....	17
2.3.1 DURMIENTES DE MADERA	17
2.3.2 DURMIENTES DE HORMIGÓN PRETENSADO.....	17
2.3.3 DURMIENTES RECICLADOS	18
2.4 INICIO DE LOS DURMIENTES RECICLADOS	18

2.5 LISTADO DE ALGUNAS OBRAS EJECUTADAS CON DURMIENTES RECICLADOS EN DIFERENTES PAISES	20
2.6 ELEMENTOS CONSTITUYENTES DE LOS DURMIENTES RECICLADOS.	23
2.6.1 PLASTICO.....	23
2.6.2 CAUCHO.....	23
2.6.3 ADITIVOS.....	24
2.7 PROCESO DE FABRICACIÓN.....	24
CAPÍTULO III: INSTALACIÓN, COSTOS Y CUADROS COMPARATIVOS ENTRE DE DURMIENTES RECICLADOS V/S DURMIENTES DE HORMIGÓ	28
3 INSTALACIÓN, COSTOS Y CUADROS COMPARATIVOS ENTRE DE DURMIENTES RECICLADOS V/S DURMIENTES DE HORMIGÓN.	29
3.1 DURMIENTES RECICLADOS.....	29
3.1.1 INSTALACION DE DURMIENTES RECICLADOS.....	29
3.1.2 CANTIDAD DE DURMIENTES A INSTALAR EN EL PROYECTO.....	36
3.1.3 DETERMINACION DEL COSTO DEL DURMIENTE RECICLADO PUESTO EN OBRA	37
3.1.3.1 ARANCELES ADUANEROS	37
3.1.3.2 COSTOS PORTUARIOS	38
3.1.3.3 TRASLADO DE DURMIENTES	39
3.1.4 VALOR ECONOMICO PARA LA INSTALACIÓN DE DURMIENTES RECICLADOS.....	41
3.2 DURMIENTES DE HORMIGON PRETENSADO.....	42
3.2.1 DURMIENTES DE HORMIGON PRETENSADO.....	42
3.2.2 I COSTOS DE INSTALACION DE DURMIENTES DE HORMIGON EN EL PROYECTO.....	43
3.3 COMPARATIVO ECONOMICO EN LA INSTALACION DE DURMIENTES RECICLADOS Y DURMIENTES DE HORMIGON.....	44
3.4 VALORES DE MANTENCION PARA REEMPLEO DE DURMIENTES DE HORMIGON Y RECICLADOS.....	44
3.5 MANTENCIÓN DE DURMIENTES FERROVIARIOS.....	46
3.7 CONCLUSIONES	48
3.8 ANEXOS.....	49
3.9 BIBLIOGRAFÍA.....	49

ÍNDICE DE FIGURAS Y GRÁFICOS

Figura 1-1 Levantamiento 3D, soterramiento línea férrea en Concepción.....	8
Figura 1-2 Elevación cruce los Carrera..	11
Figura 1-3 Elevación sector estación de Concepción.....	12
Figura 1-4 Elevación avenida Chacabuco.	12
Figura 1-5 Elevación sector mall Costanera.	12

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Foto 1-1. Plano ubicación del proyecto.	6
Foto 2-1 linea ferrea.....	13
Foto 2-2 durmientes de madera	17
Foto 2-3 Durmiente hormigon pretensado.....	17
Foto 2-4 Durmientes reciclados.....	18
Foto 2-5. Primeros durmientes reciclados instalados en tranvisProhlis Alemania...20	
Foto 2-6 Transporte público Estado de Texas. (EE.UU).....	21
Foto 2-7. Transporte público en la ciudad New York (EE.UU).....	22
Foto 2-8 Puente sobre durmientes reciclados en el estado de Virginia (EE.UU),....	22
Foto 2-9 Transporte publico estado de Florida (EE.UU).....	22
Foto 2-10 Acercamiento de fijaciones en durmientes reiclados	24
Foto 2-11 Acopio de material reciclado.	24
Foto 2-12. Proceso de trituración del plástico	24
Foto 2-13. Proceso de mezclado en caliente (Producido por trituradoras).	25
Foto 2-14 Moldaje de durmiente reciclado.....	25
Foto 2-15 Retiro y enfriamiento de durmiente	26
Foto 2-16 Rugosidad en superficie	26
Foto 2-17 Prueba de compresión del durmiente	27
Foto 3-1 Durmientes reciclados instalados en vías de hormigón pretensado	29
Foto 3-2 Movimientos de tierra por maquinaria bulldozers	30
Foto 3-3 Compactado de base sub balasto con rodillo	30
Foto 3-4 Colocación de durmientes mediante retroexcavadora con plataforma para durmientes.....	31
Foto 3-5 Perforación de durmiente reciclado mediante broca industrial.....	31
Foto 3-6. Perforación de durmiente reciclado	32
Foto 3-7 Colocación de tirafondo en silleta.....	32
Foto 3-8 Apriete de tirafondo mediante desatornillador industrial.....	32
Foto 3-9 Fijación de tirafondos.....	33

Foto 3-10 Desatornillador industrial.....	33
Foto 3-11 Instalaciones de rieles y fijaciones.....	34
Foto 3-12 Instalaciones de fijaciones pandrol.	34
Foto 3-13 Maquina bateadora.....	34
Foto 2-14 Maquina Perfiladora.....	35
Foto 3-15 Fijaciones Pandrol en durmientes de hormigón pretensado.....	42

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1 Cuadro comparativo de los diferentes tipos de durmientes.....	16
Tabla 3-1 Compra y traslado de durmientes reciclados.....	40
Tabla 3-2 Costos de instalación de durmientes reciclados	41
Tabla 3-3 Costos de instalacion de durmientes de hormigon pretensado.....	43
Tabla 3-4 Diferencia de valores económicos entre durmientes	44
Tabla 3-5 Costos de mantención de durmientes reciclados	45
Tabla 3-6 Costos de mantención de durmientes de Hormigón pretensado.....	46

INTRODUCCIÓN

El sistema integrado de transporte de Ferrocarriles representa uno de los mayores aciertos en la planificación del transporte en Chile y el mundo.

Los beneficios que aporta el sistema de Ferroviario es la conurbación en el mejoramiento de las condiciones de traslado de sus habitantes, se hacen evidentes en todos los valores asociados a la movilización de las personas, tiempo, accesibilidad, comodidad, seguridad y sustentabilidad ambiental.

Con el paso de los años EFE y sus filiales, han trabajado en brindar y mejorar todos los servicios que presentan, Vías Férreas, electrificación, material rodante y edificaciones, incorporando nuevas tecnologías que puedan dar un mejor servicio.

La investigación de este tema, se basa en la aplicación de nuevos durmientes, los cuales forman parte fundamental en la línea férrea, transmitiendo las cargas ejercidas por los trenes y dar una nivelación de la vía férrea, si bien desde hace muchos años se han utilizado de diferentes materialidades como madera, acero y hormigón pretensado. Con el paso del tiempo se han construido durmientes reciclados, los cuales nunca han sido probados por ferrocarriles del estado a nivel nacional.

En el estudio de Tesis, se presente realizar un informe detallado para el proyecto Estudio de mejoramiento de la conectividad urbana de Concepción y Río Biobío”, con el fin de poder ser presentado y utilizado en la región del Biobío.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL.

- Analizar en forma técnica y económica el uso de durmientes reciclados en el Proyecto: “Estudio de mejoramiento de la conectividad urbana de Concepción y Río Biobío”

OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- Especificar las características del proyecto: “Estudio de mejoramiento de la conectividad urbana de Concepción y Río Biobío”
- Describir las características de los diferentes tipos de durmientes.
- Determinar los costos de suministro, instalación y mantención de durmiente reciclado con respecto al de hormigón pretensado, en el proyecto del soterramiento.

JUSTIFICACIÓN DEL TEMA

La fabricación de los durmientes reciclados de ferrocarril es un sistema innovador en el cual día a día se lucha por eliminar toneladas de desechos los cuales afectan de manera directa a nuestro planeta, por esto se pretende utilizar este método constructivo el cual reutilizara una gran cantidad de plástico utilizado.

Cabe mencionar que la empresa Ferrocarriles, es una empresa que incentiva el uso y medios ecológicos, por lo que es muy probable que sea viable. Y quizás en un futuro elaborar plantas de fabricación de durmientes reciclados, cumpliendo con todas las normas y exigencias necesarias.

Se hace muy vigente el estudio de este tipo de durmientes en Concepción, porque en la ciudad se realizaran proyectos de inversión de línea férrea como por ejemplo.

- Estudio de mejoramiento de la conectividad urbana de Concepción y Río Biobío (Soterramiento)
- Construcción de nuevo puente Ferroviario Río Biobío.
- Estudio de desnivel de cruces comuna San Pedro de la Paz y Talcahuano.
- Estudios de factibilidad para extensión de Biotren Penco-Lirquen
- Estudio de Factibilidad Para extensión de Biotren a Lota.

Siendo proyectos innovadores en los cuales podríamos emplear esta metodología de durmientes reciclados. Justificando de mejor manera, este trabajo ya que se aproximan trabajos importantes y es una opción que se debería considerar.

CAPÍTULO I:

DESCRIPCION DEL PROYECTO.

1.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO DE MEJORAMIENTO DE LA CONECTIVIDAD URBANA DE CONCEPCIÓN Y RÍO BIO BÍO.

El estudio del soterramiento contextualiza en el marco de recuperación urbana de la ribera norte del río Biobío, en el que se pretende integrar a la ciudad hacia el río, para lo que la presencia de la vía férrea a nivel representa uno de los mayores conflictos para la integración. La necesidad de integración surge a principios del siglo XXI, debido a que las construcciones de la línea férrea fueron instaladas alejadas del radio urbano, generalmente colindante a ríos y mares, esto con el fin de evitar accidentes. Actualmente en Concepción las vías se encuentran emplazadas en los sectores de Pedro de Valdivia, Pedro del Río y Avenida Padre Hurtado, lo cual ha generado un gran conflicto debido a que la ciudad en los últimos años, ha tenido un gran crecimiento demográfico hacia este sector (Se ha construido el mall costanera y la plaza bicentenario), dividiendo la ciudad en 2 puntos. Por este motivo nace la necesidad de estudiar y construir el soterramiento en Concepción.

Para este problema, lo que se pretende es otorgar a la ciudad una óptima conectividad y accesibilidad desde los aspectos urbano, viales y físicos en general, lo que requiere analizar necesariamente alternativas de soterramiento del trazado ferroviario actual entre el cerro chepe y calle esmeralda (Pedro de Valdivia). Además de poder tener una conexión directa de las calles principales que intersectan la avenida Padre Hurtado con el parque bicentenario.

1.2 LONGITUD Y DURACION DEL SOTERRAMIENTO.

El nuevo proyecto del soterramiento de vía férrea en Concepción estará ubicado ubicara entre el KM 68.812 y el KM 71.357 del ramal San Rosendo-Talcahuano. Abarcando más de 2 KM desde sus inicios al tramo final.

Los sectores a intervenir son desde Pedro Valdivia a Pedro del Rio. En los cuales se proyecta la construcción de 3 vías (La misma cantidad existente)

Si bien los trabajos de estudio del anteproyecto se realizaron durante inicios del 2010 y finales del 2011 por la empresa CIPRES ingeniería LTDA. No fue hasta el año 2017 donde se iniciaron los trabajos de estudio de Ingeniería y detalle los cuales tuvieron un costo de \$3.000 millones de pesos. El directorio de FESUR, se propuso la meta de tenerlos terminados a fines del 2020.

El proyecto de construcción tendrá una duración de 48 meses, contemplando los trabajos de soterramientos, pasos a niveles, áreas verdes, obras de artes, mejoras viales, iluminaciones, construcción de estación ferroviaria, instalación de vía férrea, electrificación y señalización.



Foto 1-1: Plano ubicación del proyecto.

1.3 BENEFICIOS Y DESVENTAJAS DEL PROYECTO

1.3.1 BENEFICIOS

- Integración de ciudad a la ribera del Rio Biobío.
- Disminución de cruces vehiculares y peatonales (disminución de riesgos ferroviarios).
- Incrementación de áreas verdes.
- Disminuye la intrusión visual en la zona soterrada.
- Valorización de terrenos aledaños al sector.
- Continuidad al eje bicentenario.
- Disminución de contaminación acústica.
- Construcción de nuevos estacionamientos y calles vehiculares y ciclobías.
- Mayor uso del transporte ferroviario.
- Aumento de calidad de vida de los ciudadanos.

1.3.2 DESVENTAJAS

- Gran costo de inversión.
- Reemplazo de matrices de agua potable en periodo de construcción (Cortes de agua esporádicos).
- Reemplazo de servicios eléctricos (Cortes de luz de manera esporádica).
- Construcción de desvíos ferroviarios en etapa de construcción.(tanto vehiculares como peatonales)
- Congestionamientos vehiculares en periodos de construcción.
- Gran tiempo de ejecución de las obras.
- Aumento de accidentes viales en periodo de construcción.



Figura 1-1: Levantamiento 3d proyección del soterramiento.

1.4 MECÁNICA DE SUELO DEL PROYECTO (FUENTE: informe mecánica de suelos para paraderos ferroviarios del gran concepción año 2004)

1.4.1 ANTECEDENTES EXISTENTES.

En la zona de emplazamiento de la estación intermodal de Concepción, se caracteriza por la existencia de rellenos que se extienden hasta profundidades cercanas a 1 metro, bajo estos se encuentra suelo organico hasta profundidades cercanas a los 2.20 metros, originados por antiguas vegas y riveras pantanosas del Bio Bio. Bajo los materiales orgánicos, hasta profundidades cercanas a los 6 metros, se encuentran arenas finas limosas o limos arenosos, de consistencia blanda y baja capacidad de soporte, lo que descalifica como material de fundación finalmente, hasta profundidades que superan los 20 metros, se encuentran arenas gruesas limpias, reconocidas en la zona como “Arenas del Bio Bio”, entre los cuales se encuentran bolsones arcillosos o de arenas finas limosas. Gran parte de la depositación arenosa del Bio Bio se encuentra cementada con alta dureza.

1.4.2 PARÁMETROS GEOTÉCNICOS EXISTENTES.

- **Sello de fundaciones:** El suelo de apoyo para las estructuras de fundaciones superficiales se encuentra arena gruesa limpieza, esto es a profundidades superiores a 6 metros.
- **Capacidad de soporte y constante reacción:** Si bien la arena limpia es apta para apoyar las estructuras, no posee una buena capacidad de soporte. Esta puede aumentarse mediante mejoramiento de suelo, que consisten en el retiro del material bajo el sello de las fundaciones, hasta penetrar en la arena gruesa limpia y bajo su remplazo por arena gruesa limpia, compactada en capas hasta llegar a una densidad relativa igual o superior al 80%.

- **Clasificación zonificación sísmica:** Los diversos estudios realizados señalan que para efectos de aplicación de la norma de diseño sísmico NCH OF 96, se trata de suelo tipo 3, y zona sísmica III.
- **Profundidades de la napa:** Los antecedentes disponibles indican que la capa freática se encontrara a profundidades de 2 y 5 metros bajo la superficie actual del terreno.
- **Taludes y sistema de entibaciones:** Teniendo en cuenta los suelos de la zona, las excavaciones podrán ser ejecutadas con taludes de pendiente máxima 2:3 (V:H). sin embargo a partir de la presencia de la napa, o si las disponibilidades de espacios impiden la confección de los taludes será necesario realizar excavaciones verticales entibadas.
- **Sistema de agotamiento:** En la zona se debe intentar dar el uso de punteras, pero debido a la existencia de finos, es probable que se tapen y su uso no sea efectivo, en tal caso debe proceder a agotar mediante zanjas con bombas superficiales.
Luego de llegar a fondo de excavación, se debe colocar una red de drenes del tipo drenaflex, que conducirán hasta una cámara provisional, esto permitirá poder efectuar los rellenos sin interferencia de aguas.
- **Sistema de fundación:** Las complejidades originales del suelo de apoyo, la presencia de napa y los sistemas de entibaciones para suelos arenosos, hacen conveniente barajar la posibilidad de fundar sobre algún sistema de pilotes, esta alternativa será evaluada en los estudios de arquitectura e ingeniería del proyecto final.

1.4.3 parámetros del suelo.

 $\Phi = 30^\circ$ (Angulo de fricción interna).

$C = 0.0 \text{ Ton/m}^2$ (Cohesión efectiva).

$$\gamma = 1.65 \text{ Ton/m}^3 \text{ (peso unitario natural, promedio)}$$
$$\gamma_c = 1.75 \text{ Ton/m}^3 \text{ (peso unitario compactado)}$$

$E = 2000 \text{ Ton/m}^2$ (Modulo de Young para cargas eléctricas)

$$Q_s = 20 \text{ Ton/m}^2 \text{ (Coeficiente de rozamiento)}$$

1.5 ELEVACIONES DEL SOTERRAMIENTO.

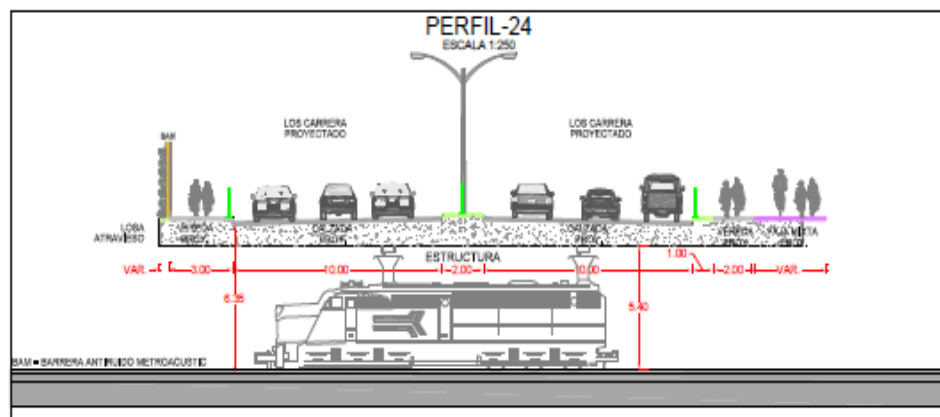


Figura 1-2: Elevación cruce los Carrera.

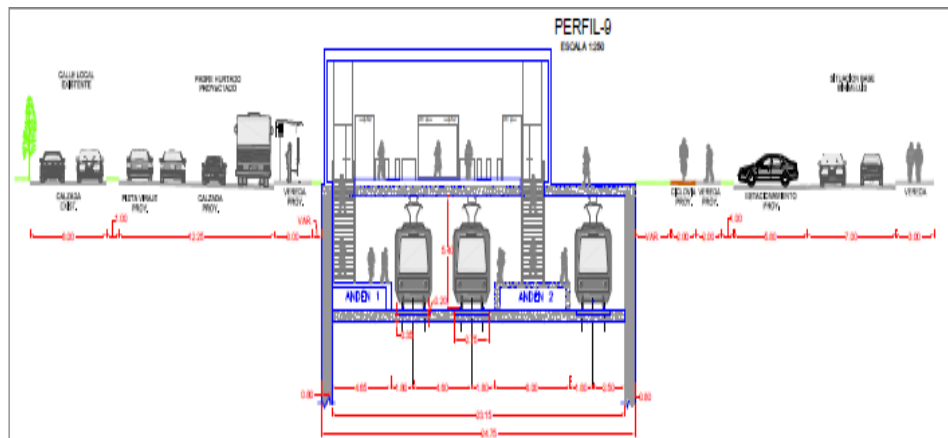


Figura 1-3: Elevación sector estación de Concepción.

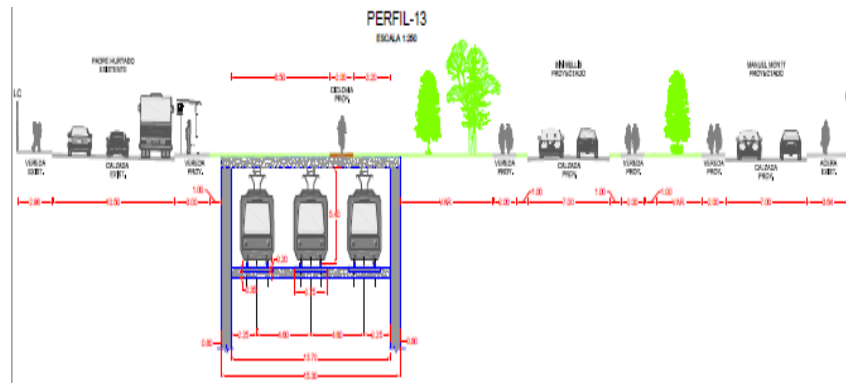


Figura 1-4: Elevación avenida Chacabuco.



Figura 1-5: Elevación sector mall Costanera.

CAPÍTULO II

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LOS DIFERENTES TIPOS DE DURMIENTES.

2 ANTECEDENTES

2.1 QUÉ SON LOS DURMIENTES.

El durmiente es parte fundamental de la estructura de la línea férrea, esta pieza de la infraestructura es la encargada de mantener de manera Recta (Uniforme) los rieles, conservando de esta manera la trocha (Ancho de la vía Férrea), además es la encargada de resistir las fuerzas ejercidas por el paso de los trenes y transmitir las de manera uniforme y atenuada al balasto.

No solo debe mantener el paralelismo, transmitir las cargas y soportar el paso, sino también mantener correctamente la inclinación de los rieles, fijados de forma directa o indirecta (A través de silletas donde se apoyan los rieles y son sujetas por medio de distintos elementos, ya sean clavos, tirafondos o clips)



Foto 2-1: Línea férrea.

2.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS DIFERENTES TIPOS DE DURMIENTES.

Características	Durmiente de madera	Durmiente de hormigón pretensado	Durmiente reciclado
Uso actual (En Chile)	Utilizado desde los inicios de Ferrocarriles en Chile 1848. (El día de hoy se encuentra en proceso de disminución)	Utilizados desde principios del siglo XXI (Año 2002). (actualmente se encuentra en proceso de aumento)	No utilizados
Color	Café oscuro	Gris Pálido	Gris o Negro.
Peso	80 KG.	306 KG	100 KG.
Vida Útil	10 años	50 años.	100 años.
Forma de instalación	Manual o Maquinaria	Maquinaria	Manual o Maquinaria
Tipo de fijaciones	Tirafondos o clavos rieleros	Clip Pandrol	Tirafondos
Comportamiento físico de las fijaciones	Inicialmente buenas pero fallan con el tiempo. (La madera posee desgaste a través de su vida útil). (	Buenas	Buenas.
Comportamiento con respecto a la descomposición orgánica.	Mala	Buenas	Buena
Resistencia a comportamientos	Mala	Buenas	Buenas

climáticos			
Resistencia al fuego	Mala	Buena	Buena (Pero en menor medida que el hormigón)
Resistencia a la abrasión	Mala	Buena	Buena
Aislamiento Eléctrico	Bueno	Regular. Requiere de aislamiento eléctrico (Foto N°)	Bueno
Elasticidad	Buena	Mala	Buena
Capacidad de soportar un descarrilamiento	Buena	Mala	Buena
Módulo de elasticidad	80.000- 140.000 kg/cm ²	45.000 kg/cm ²	150.000 kg/cm ²
Módulo de ruptura	189 kg/cm ² a 362 kg/cm ²	160 kg/cm ²	190 kg/cm ²
Módulo de compresión.	210 kg/cm ² – 460 kg/cm ²	450 kg/cm ²	367 kg/cm ²
Costo económico	Bajo (\$25.000)	Regular (\$65.000)	Alto (\$112.000)
Costos de Mantención	Alto	Bajo	Bajo

Tabla 2-1: cuadro comparativo de los diferentes tipos de durmientes.

2.3 FOTOGRAFÍAS DE LOS DIFERENTES TIPOS DE DURMIENTES

2.3.1 DURMIENTES DE MADERA SECA E IMPREGNADA



Foto 2-2: durmientes de madera

2.3.2 DURMIENTES DE HORMIGÓN PRETENSADO



Foto 2-33 Durmientes de hormigón pretensado

2.3.3 DURMIENTES RECICLADOS (COMPUESTOS DE PLÁSTICO)



Foto: 2-4: Durmientes reciclados

2.4 INICIO DE LOS DURMIENTES RECICLADOS.

- Los orígenes se deben remontar hacia las primeras investigaciones vinculadas con la madera plástica. Puede rastrearse hacia la década de 1970 (Donde los países europeos, ya estudiaban metodologías de reciclaje del plástico)
- En 1990 en estados unidos por falta de espacios en rellenos sanitarios y los elevados costo de transporte producen una evaluación seria de la madera plástica como alternativa industrial (Madera plástica, eran materiales sintéticos con caras téticas similares a la madera).
- En 1993, en EE.UU se forma la asociación comercial de madera plástica (PLTA), con el objetivo de determinar los métodos y especificaciones de ensayo para clásica los materiales contruidos.

- En 1998 se lanzan las normalizaciones para productos fabricados con polietileno y fibras de madera o refuerzos con fibras de vidrio. Los durmientes formaron parte del listado de productos con potencial de fabricación en estos desarrollos. Este proceso fue ayudado en forma significativa a través de los esfuerzos de la industria, gobierno y universidades para desarrollar métodos productivos y estándares para esos materiales.
- Ya a principios de los años 2000 se realizan las primeras pruebas de durmientes reciclados en Alemania en la vía TranviaProhlis Alemania (año 2003), donde se instalaron 20 durmientes puestos a pruebas.



Foto 2-5: Primeros durmientes reciclados instalados en tranviaProhlis Alemania (Fotografía tomada 12 años después año 2015, no presentan ningún deterioro)

2.5 LISTADO DE ALGUNAS OBRAS EJECUTADAS CON DURMIENTES RECICLADOS EN DIFERENTES PAÍSES.

- Tranvía Prohlis Alemania (2003)
- Transporte público de Chicago (2010).
- Transporte público de Nueva Orleans (2010).
- Transporte público de New Jersey (2011).
- Transporte publico Texas (2011, Foto 2-6).
- Vías Seatle, Washington. (2012)
- Transporte Publico New York (2012, Foto 2-7)
- Comisión de tránsito de Toronto (2012)
- Vías ABC Coke, Tarrant-Alabama (2012)
- Vías de carga México Huescalapa. (2012)
- Vías de carga México Manzanillo (2012)
- Puente con durmientes en el estado de Virginia (2012, foto 2-8)
- Vías Salt Lake City, Utah. (2013)
- Transporte público de filadelfia SEPTA (2013).
- Transporte Publico Florida (2013, Foto 2-9)
- Ferrocarril national de Colombia.(2014)
- Vías de Suecia Kalmar.(2014)
- Vías Acerlor Mittal Steel, Warren-Ohio (2014)
- Vías Los ángeles, California (2014)
- Vías Virginia (EE.UU) (2015)
- Vías Porland, Oregón.(2015)
- Vías Toronto Canadá.(2016)

Fotografías



Foto 2-6: Transporte público Estado de Texas. (EE.UU)



Foto 2-7: Transporte público en la ciudad New York (EE.UU)



Foto 2-8: Puente sobre durmientes reciclados en el estado de Virginia (EE.UU), para trenes de carga.

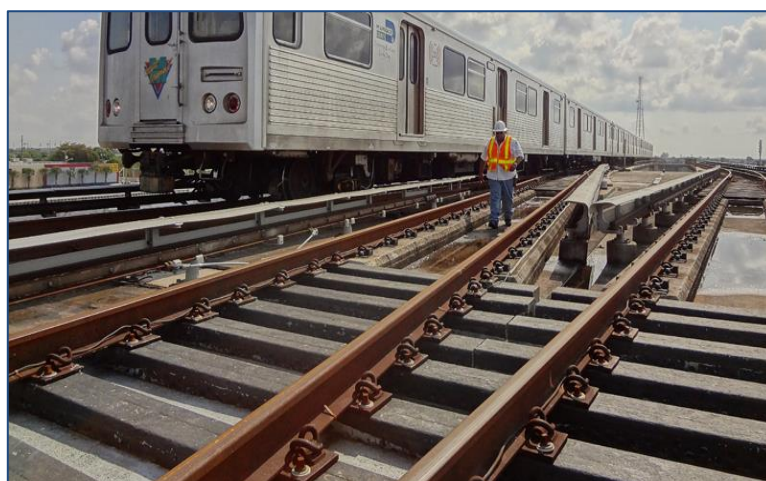


Foto 2-9: Transporte publico estado de Florida (EE.UU)



Foto 2-10: Acercamiento de fijaciones en durmientes reciclados.

2.6 ELEMENTOS CONSTITUYENTES DE LOS DURMIENTES RECICLADOS (FUENTE: diseño e instalación de planta para fabricación de durmientes o traviesas en material recuperado para vías férreas, universidad piloto de Colombia, dirección de postgrados. Universidad piloto de Colombia año 2006)

Los plásticos son tan resistentes que pueden soportan el peso de un tren de carga y pasajeros y son tan flexibles o más que la madera. Los materiales utilizados para la fabricación de los durmientes reciclados son los siguientes.

2.6.1 Plástico: El plástico utilizado es el común y corriente como por ejemplo embaces de bebidas y bolsas plásticas. Este elemento es polietileno de hasta alta densidad, lo que lo hace que el durmiente sea moldeable y aumenta su vida útil, además de dar resistencia ante la acción del sol. Se utiliza un 85% de plástico en un durmiente

2.6.2 Caucho (Neumático, elastómero): Se utilizan generalmente neumáticos reciclados, proporcionan durabilidad y resistencia para absorber el máximo impacto ante el paso o descarrilamiento de los trenes. Se utiliza un 12% de caucho en un durmiente.

2.6.3. Aditivos: son puentes adherentes que permiten unir estos 2 materiales, dando una fuerza de compresión única en la mezcla (El aditivo utilizado en los últimos años es el tetrabloque). Retardadores de fuego. Se utiliza un 3% en la mezcla del durmiente.

2.7 PROCESO DE FABRICACIÓN

- Para poder realizar la fabricación de durmientes reciclados es necesario introducir en una mezcladora polietileno picado, caucho y minerales. En el interior de esta maquinaria existen trituradoras que generan fricción y calor generando una temperatura de 250° haciendo que los ingredientes se fundan formando una masa negra en caliente.



Foto 2-11: Acopio de material reciclado.



Foto 2-12: Proceso de trituración del plástico.

- Una máquina de moldeo emplea un enorme brezo hidráulico que empuja la masa hacia un molde de durmiente. Cuando los moldes están llenos, son trasladados por una grúa industrial que los levanta y los vuelca en un baño de refrigeración (Temperatura del agua 5°), el agua que circula alrededor del molde es la encargada de endurecer el plástico (Proceso que dura 2 hora aproximadamente para recién ser retirados de los moldes.). La grúa encargada de trasladar los durmientes puede llegar a mover hasta 8 durmientes al mismo tiempo.



Foto 2-13: Proceso de mezclado en caliente (Producido por trituradoras).



Foto 2-14: Moldaje de durmiente reciclado

- Una vez retirado del moldaje, se proceden a estabilizarlos y dejarlos enfriar por un periodo de 10 horas, en una bodega de almacenaje a temperaturas de 13°. De esta manera el plástico queda completamente dura y la mezcla se transforma en un bloque sólido.



Foto 2-15: Retiro y enfriamiento de durmiente

- Ya una vez que el durmiente reciclado es un bloque sólido, es trasladado mediante una cinta transportadora a un rodillo mecánico el que genera en 3 de sus caras un diamantado con el fin de dar una buena adherencia al estar en contacto con el balasto (Las caras intervenidas son sus dos caras lateras e inferior)



Foto 2-16: Rugosidad en superficie.

- Para finalizar a cada durmiente se le aplica una prueba de densidad la cual consiste en ubicar sobre una estructura en el cual un brazo hidráulico presiona simulando la presión que ejerce un tren que se desplaza a una velocidad a 50km/H .Las pruebas consisten en ubicar el durmiente sobre una estructura en el cual un brazo hidráulico presiona con fuerza simulando la presión de un tren de 50 km, El durmiente no debe sufrir daño o deformación permanente (Debe volver a su estado inicial). (Los durmientes que presentan fallas, son reciclados para ser fabricados nuevamente)

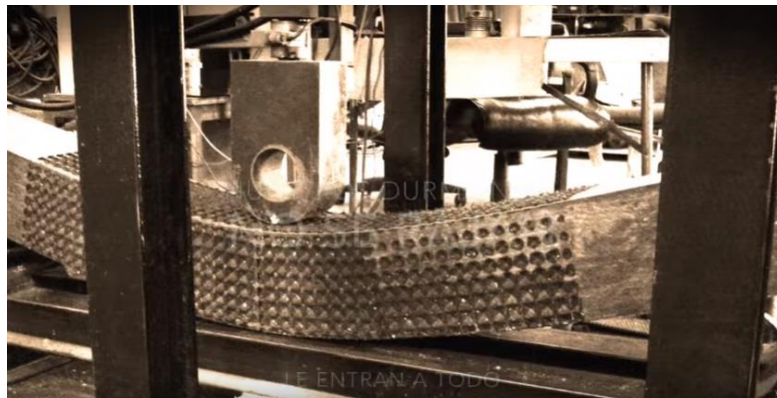


Foto 2-17: Prueba de compresión del durmiente

CAPÍTULO III:

INSTALACIÓN, COSTOS Y CUADROS COMPARATIVOS ENTRE DURMIENTES RECICLADOS V/S DURMIENTES DE HORMIGÓN PRETENSADO.

3 INSTALACIÓN, COSTOS Y CUADROS COMPARATIVOS ENTRE DE DURMIENTES RECICLADOS V/S DURMIENTES DE HORMIGÓN PRETENSADO.

3.1 DURMIENTES RECICLADOS.

3.1.1 INSTALACION DE DURMIENTES RECICLADOS.

En la instalación de durmientes reciclados, se consideraran los mismos métodos de instalación que los durmientes de madera, ya que se utilizan las mismas fijaciones y poseen pesos similares (Durmiente reciclado peso de 100 KG y Madera 80KG)

Una característica importante que presentan estos durmientes, es que pueden ser utilizados como remplazo parcial en vías férreas conformadas por durmientes de hormigón pretensado o de madera. Vale decir sin realizar un cambio de durmientes en grandes cantidades (Tramos completos),



Foto 3-1: Durmientes reciclados instalados en vías de hormigón pretensado.

Los movimientos de tierra deben ser realizados con equipos en general pesados (niveladoras, bulldozers, palas mecánicas y camiones), los que permiten eliminar los materiales inapropiados de las capas superiores de las excavaciones y remplazarlos por tierra de calidad. Los materiales de excavación deben ser colocadas en capas delgadas compactadas a noventa por ciento (90%) DMCS Proctor Modificado.



Foto 3-1: Movimientos de tierra por maquinaria bulldozers.

Una vez compactado el terreno se aplica una capa de sub balasto, la que es colocada mediante camiones con batea, una vez instaladas es esparcida de manera pareja con retroexcavadoras o excavadoras. Para luego ser compactada mediante rodillos.

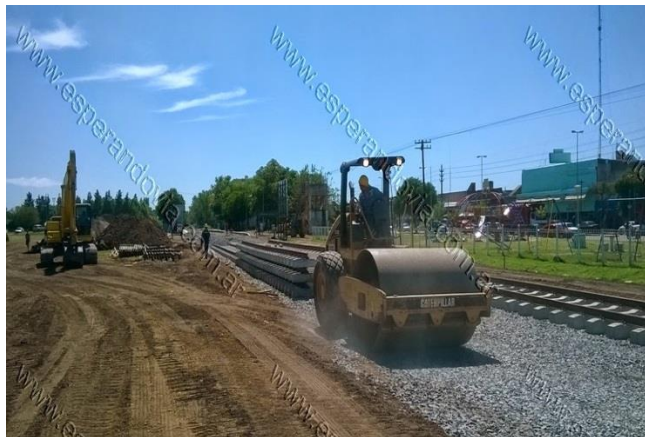


Foto 3-3: Compactado sub balasto con rodillo.

Ya instalado el sub balasto se procede al traslado de los durmientes reciclados mediante camiones, siendo instalados de manera uniforme a una distancia de 546 mm entre ejes, la manipulación e instalación de los durmientes reciclados se puede realizar a través de fuerza humana y maquinaria, la que posee una plataforma diseñada especialmente para este proceso de instalación.



Foto 3-4: Colocación de durmientes mediante retroexcavadora con plataforma para durmientes.

Para la colocación de las silletas de sujeción se debe perforar el durmiente reciclado mediante brocas con el diámetro del tirafondo, estas deben quedar completamente insertadas en el durmiente. (Para cuando se utilizan durmientes de reemplazo se instalada primero el durmiente y después la fijación).

Los tirafondos son apretados mediante desatornilladores eléctricos industriales.



Foto 3-6: Perforación de durmiente reciclado mediante broca industrial



Foto 3-6: Perforación de durmiente reciclado.



Foto 3-7: Colocación de tirafondo en silleta.



Foto 3-8: Apriete de tirafondo mediante desatornillador industrial.



Foto 3-9: Fijación de tirafondos.



Foto 3-10: Desatornillador industrial.

Una vez terminado un tramo de durmientes, se procede a la instalación de los rieles, los que deben calzar y quedar completamente alineados a las silletas.



Foto 3-11: Instalaciones de rieles y fijaciones.

Los rieles son unidos a las silletas mediante las sujeciones pandrol o un nuevo tirafondo ubicado en el eje del durmiente con un apoyo metálico que a su vez está adherido a los durmientes reciclados, conformando una estructura sólida en la línea férrea.



Foto 3-12: Instalaciones de fijaciones pandrol.

Ya una vez instalados los rieles se procede a aplicar una capa de balasto superficial, la que cubre completamente los durmientes. Ya montada toda la estructura de la línea férrea esta se encuentra desalineada por lo que pasa una máquina bateadora, dejando los rieles y durmientes de manera uniforme de acuerdo a la trocha de la vía.



Foto 3-13 Maquina bateadora.

Tras la correcta nivelación de la vía producto la bateadora lo sigue la maquina perfiladora, la que le da el ancho requerido del balasto y las pendientes necesarias de la vía.



Foto 3-14: Maquina Perfiladora.

3.1.2 CANTIDAD DE DURMIENTES A INSTALAR EN EL PROYECTO.

Para el proyecto la cantidad de durmientes utilizadas por metros lineales vías son dadas de acuerdo a la categoría que se desea proyectar la línea férrea, en caso del proyecto del soterramiento, como se encuentra ubicado en Concepción y dada la velocidad y carga de tonelajes de los trenes se considera una categoría 4A, la que nos determina que la separación de cada uno de ellos es de 546 mm de separación de eje de durmiente a durmiente.

La intervención del nuevo proyecto ferroviario en Concepción contemplan 3 vías férreas en las que se considera un total de 7635 metros lineales de vía férrea a intervenir, y dada la separación de la categoría de la VIA 4ªA (Separación 546mm), se considera un total de 13.987 durmientes a instalar.

$\frac{7635 \text{ m.}}{0.546 \text{ m.}} = 13.984 \text{ Durmientes}$
--

Se le deben agregar 1 durmiente por cada vía, ya que para sumar el primer metro lineal de línea se consideran 2 durmientes. (Es un proceso similar a la cubicación de enfierradura), lo que dan el total mencionado anteriormente **13.987 durmientes**.

3.1.3 DETERMINACION DE COSTO DEL DURMIENTE RECICLADO PUESTO EN OBRA. (Anexo 1: Cotización empresa AtlasTies, pagina 50)

Para la adquisición de durmientes reciclados, se cotizo con diferentes compañías internacionales encargada de ventas de productos ferroviarias (Empresas de Estados Unidos).

La empresa Atlasties (Nacionalidad EE.UU), cuenta con un alto respaldo en la fabricación de durmientes reciclados, teniendo una experiencia mayor a 8 años en ventas. (Fabrican durmientes reciclados a contar del año 2012), cumpliendo con todos los estándares de calidad de acuerdo a la norma AREMA, la cotización enviada por la empresa posee un valor de 150 USD (Fecha 18-12-2018, valor a peso chileno 685.13) con valor de cada durmiente puesto en el puerto de Lirquen.

Los valores de cada durmiente se encuentran en bajo el formato de venta CIF (Las compras en CIF, cuentan con los valores agregados del producto, seguros de transporte y flete a transporte a puerto en Chile). A diferencia de los productos compramos mediante formato FOB, los cuales la empresa encargada en la adquisición del producto debe agregar los gastos de transporte (Seguros, flete y transporte). El traslado de los durmientes se realizara mediante barco.

3.1.3.1 ARANCELES ADUANEROS.

Los productos cuando son ingresados al país, se deben cancelar los costos aduaneros, los que están establecidos de acuerdo a cada norma e impuesto del país. En el caso de Chile se deben cancelar:

- **derechos AD-VALOREM:** Es un impuesto basado en el valor de un bien. Es más común que un impuesto específico, tasa que se impone sobre la cantidad

de un bien, como céntimos por kilogramo, sin consideración del precio. En el caso de los durmientes se considera un valor del 6% del total de la compra.

3.1.3.2 COSTOS PORTUARIOS.

Los durmientes una vez en el puerto de Lirquen, se deben tener en consideración todos los movimientos portuarios para el proceso de maniobras y acopio.

La cotización fue enviada al tesorero de FESUR Dario Muñoz, quien la solicito de manera formal (La empresa FESUR, realiza frecuentemente compras de productos extranjeros, para material de vía Férrea y repuestos de material rodante) la que fue enviada el día de 24-12-2018, estando en esa fecha el dólar a 691.87. Dentro de las operaciones que se realizan en los puertos podemos Mencionar.

- **Muellaje a la carga:** consiste en facilitar un sitio dentro del puerto.
- **Desestiba:** Tomar cargamento de la bodega o cubierta de carga hasta colocarlo al alcance del gancho de la grúa del buque, elevarlo y trasladarlo hasta la vertical del costado del buque
- **Porteo y acopio:** significará la actividad que corresponde a cualquier traslado de carga realizada al interior del Frente de Atraque, incluyendo todos los recursos y las actividades necesarias para la prestación de tal servicio.
- **Despacho:** Carga de materiales a medio de transporte (Trenes, Camiones o vehículos.

3.1.3.3 TRASLADO DE DURMIENTES. (Anexo 2: cotización puerto Lirquen, pagina 52. Anexo 3: Cotización empresa SAFER, pagina 53. Anexo 3: cotizacion empresa Puerto Lirquen, pagina 52)

El traslado de los durmientes reciclados, desde el Puerto Lirquen a las bodegas de Acopio de FESUR fueron solicitadas de manera formal por el gerente de proyecto don Manuel Basualto a la empresa SAFER S.A. Las bodegas se encuentran ubicadas camino a Coronel (Sector Lagunillas parque industrial). La empresa SAFER realiza trabajos de transporte ferroviarios en líneas férreas, este tipo actividades se realizan de manera esporádica cuando se realizan compran de grandes cantidades y deben ser llevadas a bodegas de acopio. Para los trabajos se consideraron 2 viajes con 14 carros cada uno y tubo un valor de 697.06 UF (Fecha de cotización 17-12-2018, valor UF \$ 27.565,79).

Una vez en las bodegas de acopio deberán ser trasladados a la obra en la medida que sean solicitadas de acuerdo al avance dela obra, Para estos trabajos las cotizaciones fueron solicitadas de manera personal a la empresa FACOP LTDA, encargada en realizar montaje industrial de estructuras metálicas y traslado de materiales de construcción, para el traslado de los durmientes fue cotizada por tonelada en la que se consideraron 160 viajes con un valor de \$120.000 cada uno.

Costo economicos por la compra y traslado de durmientes reciclados.					
N°1	Compra de durmientes reciclados	Unidad	Cantidad	P.Unitario.	Total
1.1	Durmiente reciclado puesto en puerto Lirquen (150USD - \$685.13)	C/U	13.987	\$ 102.770	\$ 1.437.443.990
N°2	Aranceles Aduaneros				
2.1	Derecho AD valorem (6% del valor de la mercancia Total)	GL	\$ 1.437.443.990	6%.	\$ 86.246.639
N°3	Costos Portuarios (1 USD= 691.87)				
3.1	Movimientos de muellaje 4.8 US por tonelada.	TN	1399	\$ 3.321	\$ 4.646.079
3.2	Desestiba 8.25 US por tonelada	TN	1399	\$ 5.708	\$ 7.985.492
3.3	Porteo y acopio 18.86 US por tonelada	TN	1399	\$ 11.665	\$ 16.319.335
3.4	Despacho 6.5 US por tonelada.	TN	1399	\$ 4.497	\$ 6.291.303
N°4	Traslado de Durmientes				
4.1	Traslado de durmientes de Puerto Lirquen a bodega de acopio en Coronel, mediante tren de carga SAFER S.A	GL	1	\$ 19.215.010	\$ 19.215.010
4.2	Movimiento de durmientes desde bodega de acopio en Coronel a obra en Concepcion.	GL	1	\$ 19.200.000	\$ 19.200.000
Valores Neto.					\$ 1.597.347.848

Tabla 3-1 Compra y traslado de durmientes reciclados

- **Calculo de valor por durmiente.**

Valor Neto Total de durmientes:	\$ 1.597.347.848.	
		= \$ 114.202
Cantidad de durmiente para el proyecto:	13987	

El precio unitario por durmiente reciclado puesto en obra es de \$114.202.-

3.1.4 VALOR ECONOMICO PARA LA INSTALACIÓN DE DURMIENTES RECICLADOS. (Anexo 5: Cotización ICIL-ICAFAL, página 59)

La cotización de durmientes reciclados, fue solicitado por el gerente de proyecto don Manuel Basoalto, a la empresa ICIL ICAFAL, para la instalación de durmientes reciclados en Concepción, en el cual se ocuparon como referencias los valores de los durmientes de madera, ya que presentan características y fijaciones similares.

Para el caso de los suministro de los durmientes reciclados (Punto N°2, materiales), fueron cotizados de manera independiente por FESUR, en el cual se consideró la compra desde Estados Unidos y traslado de ellos.

INSTALACIÓN DE DURMIENTES RECICLADOS.

N°	Descripcion	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Total
1	Instalación de durmientes	C/U	13.987	\$ 11.053	\$ 154.598.311
2	Nivelación y alineación de durmientes	ML	7.635	\$ 3.870	\$ 29.547.450
3	Suministro de Durmientes (Puesto en obras)	C/U	13.987	\$ 114.202	\$ 1.597.343.374
4	Suministro de silletas y tirafondos	C/U	27.974	\$ 14.561	\$ 407.329.414
	Total				\$ 2.188.818.549
	Costos directos				\$ 2.188.818.549
	Gastos Generales 15%				\$ 328.322.782
	Utilidades 15%				\$ 328.322.782
	Neto				\$ 2.845.464.114
	I.V.A 19%				\$ 540.638.182
	Total I.V.A incluido				\$ 3.386.102.295

Tabla 3-2: Costos de instalación de durmientes reciclados.

3.2 DURMIENTES DE HORMIGON PRETENSADO.

3.2.1 INTALACION DE DURMIENTES DE HORMIGON PRETENSADO. (Anexo 5: Cotización ICIL-ICAFAL, página 59)

Para la instalación de durmientes de hormigón pretensado se utilizan un método similar al de los durmientes reciclados (En cuanto a las condiciones que debe presentar la vía férrea) a excepción de algunas características que posee en particular este tipo de durmiente.

El peso de los durmientes de hormigón pretensado es de 306KG en comparación con los durmientes reciclados que son de 100KG, lo que provoca que su instalación sea únicamente mediante maquinarias, debido al peso es estos durmientes su avance es menor alcanzando un avance diaria de 110 durmientes, lo que provoca que su operación sea más lenta provocando un mayor tiempo de mano de obra y supervisión de obra.

Las fijaciones de los durmientes de hormigón pretensado se encuentran incorporadas en el interior, amarrado entre la enfierradura y el hormigón. Por lo que su trabajo cuando se instalaran los rieles sea más rápido que el reciclado o madera, ya que se se amarran mediante fijaciones Pandrol. En este proceso se evitan realizar perforaciones para instalar los tirafondos y colocación de silletas. Cada durmiente de hormigón pretensado solo posee solo 4 fijaciones Pandrol en comparación con los durmientes reciclados que poseen 8 tirafondos.



Foto 3-15: Fijaciones Pandrol en durmientes de hormigón pretensado.

3.2.2 COSTOS DE INSTALACION DE DURMIENTES DE HORMIGON PRETENSADO EN EL PROYECTO. (Anexo 6: Cotización ICIL-ICAFAL, página 60)

Para la Instalación de durmientes de hormigón pretensado, se realizan mediante maquinaria pesada principalmente excavadoras, la que posee un canastillo (Plataforma) adaptado para instalar hasta 5 durmientes, las fijaciones utilizadas son las pandrol, y la compra del durmiente de hormigón pretensado se efectúa en las empresas GRAU o BOTTAL, las que fabrican de acuerdo a la norma técnica construcción de Vía Férrea NT-01-01-01, NT-01-01-02, NT-01-01-03.

La cotización de durmientes de hormigón pretensados, fue solicitado por el gerente de proyecto don Manuel Basoalto, a la empresa ICIL ICAFAL, para la instalación de durmientes de hormigón pretensado en Concepción.

COSTOS DE INSTALACIÓN DE DURMIENTES DE HORMIGÓN.

N°	Descripción.	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Total
1	Instalación de durmientes	C/U	13.987	\$ 14.749	\$ 206.294.263
2	Nivelación y alineación de durmientes	ML	7.635	\$ 3.870	\$ 29.547.450
3	Suministro de durmiente	C/U	13.987	\$ 61.500	\$ 860.200.500
4	Sillas Pandrol, sujeción elastica y placa de caucho.	C/U	27.974	\$ 13.461	\$ 376.558.014
	Total				\$ 1.472.600.227
	Costos directos				\$ 1.472.600.227
	Gastos Generales 20%				\$ 294.520.045
	Utilidades 15%				\$ 220.890.034
	Neto				\$ 1.988.010.306
	I.V.A 19%				\$ 377.721.958
	Total I.V.A incluido				\$ 2.365.732.265

Tabla 3-3 Costos de instalacion de durmientes de hormigon.

3.3 COMPARATIVO ECONOMICO EN LA INSTALACION DE DURMIENTES RECICLADOS Y DURMIENTES DE HORMIGON PRETENSADO.

VALORES ECONÓMICOS IVA INCLUIDO.	
Durmientes Reciclados	\$ 3.386.102.295
Durmientes de Hormigón pretensados.	\$ 2.365.732.265
Diferencia	\$ 1.020.370.030

Tabla 3-4: Diferencia de valores económicos entre durmientes.

Para la compra e instalación de durmientes en el proyecto “Estudio de mejoramiento de la conectividad urbana de Concepción y río Biobío” Se cotizo la instalación de los durmientes reciclados y de hormigón pretensados dando como resultado una diferencia económica de \$ \$1.020.370.030 a favor de los durmientes de hormigón pretensados en este proyecto.

3.4 VALORES DE MANTENCION PARA REEMPLEO DE DURMIENTES DE HORMIGON PRETENSADO Y RECICLADOS. (Anexos: Costos de mantención de acuerdo a contrato de ICIL-ICAFAL año 2016)

Los datos son obtenidos de acuerdo al contrato vigente realizado por la empresa ICIL ICAFAL S.A, en los tramos del servicio Biotren, para los valores de durmientes reciclados, se tomó como referencia los valores de durmientes de madera.

Mantenion de durmientes Reciclados.			
N°	Descrpcion	Unidad	Precio
1	Sustitución aislada de durmientes de madera	C/U	\$ 24.525
2	Nivelacion y alineacion de durmientes nuevos.	ML	\$ 8.486
3	Distribucion y traslado de durmiente Reciclado	C/U	\$ 114.201
4	Suministro de silletas ytirafondos.	C/U	\$ 14.561
		Neto	\$ 161.773
		I.V.A	\$ 30.737
		Total	\$ 192.510

Tabla 3-5: Costos de mantención de durmientes reciclados.

Mantenion de durmientes de hormigón.			
N°1	Descripción.	Unidad	Precio
1	Sustitución aislada de durmientes de Hormigón	C/U	\$ 29.114
2	Nivelacion y alineacion de durmientes nuevos.	ML	\$ 8.486
3	Suministro y traslado de durmiente de hormigón	C/U	\$ 61.500
4	Sillas pandrol, sujecion elastica y placa de caucho.	C/U	\$ 13.461
		Neto	\$ 112.561
		I.V.A	\$ 21.387
		Total	\$ 133.948

Tabla3-6: Costos de mantención de durmientes de Hormigón pretensado.

3.5 MANTENCIÓN DE DURMIENTES FERROVIARIOS. (Fuente: Programa de mantención ferroviario)

La empresa FESUR, cuenta con servicios de mantenciones en línea férrea, los que son desempeñados por distintas empresas relacionadas con el rubro ferroviario (TECDRA, ICIL-ICAFAL, ASSIGNIA, TRIA, ETC.), y realizan distinto tipos de servicios como por ejemplo: Colocación de balasto, sustitución de durmientes, remplazo de rieles, nivelación y alineación de vía férrea, perfilado con maquinaria automotriz, reposición de balizas, remplazo de pernos y fijaciones, reposición de confinamiento, limpieza de vía, roce, etc.

Los trabajos de mantenimiento de vía férrea se realizan de manera diaria y se informan de manera directa con el mandante FESUR, para determinar los tramos de vía que serán intervenidos, al término de cada semana cada una de las empresas, envía una bitácora informativa con los tramos de mantenciones que fueron realizados, con el fin de llevar el registro controlado y verificar de manera correcta que cada uno de los trabajos se realizaron de manera correcta.

Actualmente en el servicio Biotren se cuenta con 165.555 durmientes instalados, de los cuales se hizo un análisis de remplazo de los últimos 4 años.

Cantidad de durmientes de hormigón pretensado Remplazados durante los últimos 4 años.	
Año	Durmientes Remplazados.
2015	154
2016	257
2017	77
2018	96
Promedio en 4 años.	146

Tabla 3-7: Promedio de remplazo de durmientes de hormigón pretensado.

Durante el año 2018, se produjo un desrielo de alto impacto por un tren de carga el que desrielo a alta velocidad, provocando graves daños en la línea férrea ubicada en los tramos de Chiguayante-Hualqui, en el que se tuvieron que remplazar 3066 durmientes de hormigón pretensado. Este dato no fue considerado en el cuadro de remplazo, debido a que es un hecho aislado y se estima que desrielos de esta magnitud pueden ocurrir cada 10 años.

Si bien todos los años existen desrielos, estos no producen daños significativos (En comparación con el del 2018) ya que las velocidades se encuentran restringidas debido a que se transportan vidas humanas, existen cruces a niveles y la mantención de la vía para los servicios de pasajeros debe cumplir con los estándares de calidad.

Cada remplazo de durmientes tiene un alto impacto social para el servicio de ferrocarriles, ya que se deben realizar una mayor restricción de velocidades y suspensión de servicios, lo que se ve reflejado en la rentabilidad social que presenta el servicio.

Los datos obtenidos en el cuadro de reemplazo son entregados por el registro de mantención que cuenta FESUR en el área de operaciones ferroviarias.

165.555 Durmientes Instalados	----- 146 remplazados.
13.987 Durmientes de Proyecto	----- X.

13.987 * 146.
_____ = 12 durmientes remplazados al año para el proyecto.
165.555

3.6 CONCLUSIONES.

El proyecto del soterramiento, es una gran solución para mejorar la conectividad urbana de Concepción. El cual se encuentra en proceso de estudios de ingeniería.

Sería innovador que en este proyecto se contemplara el empleo de durmientes reciclados con el propósito de reducir los excedentes de plásticos y caucho.

Los durmientes de hormigón pretensado pretensado tienen un costo inicial menor que los durmientes reciclados.

Sería muy interesante que se efectuara un estudio de factibilidad de instalar una planta en Chile para fabricar durmientes reciclados.

3.7 ANEXOS

3.7.1 ANEXO 1

- Cotización realizada por empresa Atlas.



Atlas Trading International.
PD Box 1589.
Portland, OR 97075
Telephone: 541-841-4564
<http://www.atlasties.com>

PRESUPUESTO VENTA DE DURMIENTES RECICLADOS CHILE.

Señores: FESUR S.A.
Atención: Antonio Castillo Pino.
Contacto: Antonio.Castillo@fesur.cl
Fecha: 18-12-2018

Cotización N°: 1890.

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	V. UNITARIO	TOTAL
Se cotiza la venta de durmientes reciclados, para la empresa FESUR Ubicada en el país Chile. Las medidas para los durmientes son de 6" x 10"x 9".y poseen un peso de 220 Libras.	13.967	\$150 USD	\$2.096.050 USD

Condiciones Generales.

1. Los valores por durmientes consideran costo y flete desde EE.UU Oregon a puerto Uirquen (Chile). Valores no consideran I.V.A incluido. (Valores CIF).
2. Gastos de Importación, Maniobras y descarga debe ser considerado por la empresa cotizante.
3. Tiempo de fabricación de los durmientes requeridos es de 60 días y transporte de 25 días hábiles. El tiempo de entrega y transporte está sujeto a dificultades e inconvenientes propios, lo que puede variar en días de entrega.
4. Los durmientes poseen una garantía de 10 años en caso de presentar fallas de fabricación. Los daños producto a malas prácticas de instalación o manipulación de ellos, no será responsable de la empresa Atlasties.
5. Los durmientes reciclados fabricados por la empresa poseen una vida útil de más de 100 años, siempre que las condiciones de la vía férrea cumpla con el correcto mantenimiento y cuidado de ella.

Don Mejía (210) 827.6215 - México, América Central, América del Sur



6. 1 de cada 400 durmientes presenta fallas técnicas durante sus 2 primeros años, producto a fallas en la composición del plástico en la mezcla. Los durmientes con fallas deberán ser notificados mediante previo Informe por la empresa adquisitoria.
7. AtlasTies, prestara asesoria de manera de manera presencial durante el proceso de instalación, para garantizar un correcto trabajo de instalación de los durmientes.
8. Los durmientes reciclados son fabricados a partir de polietileno de alta densidad y son elaborados a partir de 100% de material reciclado.
9. Los trabajos se realizaran posterior a orden de compra y se procederá a facturar una vez recibido los durmientes por la empresa solicitante. Los pagos se deben efectuar como máximo 30 días después de la fecha de facturación.
10. La cotización es válida por un periodo de 45 días posterior a fecha de envío.
11. La fabricación de los durmientes cumple con Railway Engineering and Maintenance of Way Association (A.R.E.M.A.)

ATLAS TIES cuenta con un amplio respaldo en la venta de durmientes reciclados y posee una experiencia por más de 10 años en el rubro Ferroviario.

Adrián Mejía.
Gerente de Ventas Exteriores.
Cell: 210-827-6215

Don Mejía (210) 827.6215 - México, América Central, América del Sur

3.7.2 ANEXO 2

- Cotización empresa puerto Lirquen.

PUERTO LIRQUEN BIOBIO CHILE PROFORMA MN THORCO AVANTGARDE				
Fecha:	24-12-2018.			
Tipo de Cambio	691.87 (USD)			
Solicitante	FESUR			
Contacto:	Dario Muñoz.			
Telefono:	412868030			
Producto	Durmientes.			
Cantidad.	1399 TONS			
www.puertolirquen.cl				
				
Cantidad	Unidad	Servicio	Tarifa	Total USD
1,399.00	TONS	MUELLAJE CARGA	USD 4.80	USD 6,715
1,399.00	TONS	DESESTIVA	USD 8.25	USD 11,542
1,399.00	TONS	PORTEO Y ACOPIO	USD 16.86	USD 23,587
1,399.00	TONS	DESPACHO	USD 6.5	USD 9,094
VALORES NETO			Total:	USD 50,938
				
Rodrigo Funes Solorza Jefe Comercial Puerto Lirquen S.A				
				
(56-9) 51997174 +56 (41) 2406112 Recinto Muelle 5/N, Lirquén				

Cotización empresa Lirquen.

3.7.3 ANEXO 3

- Cotización Empresa SAFER.



Santiago, 17 de Diciembre 2018.
OF. TSF304/2018

Señor:
MANUEL BASOALTO S.
Gerente de proyecto.
FESUR S.A
Presente.

**REF.: Cotización servicio de carga, trunca y estiba,
traslado y distribución de durmientes
reciclados desde Puerto Lirquen Hacia
parque industrial Zona Coronel.**

De nuestra consideración:

De acuerdo a lo solicitado y conversado, tenemos el agrado de cotizar nuestros valores con relación al servicio de referencia.

1. Generalidades:

Equipos:

- Locomotora tipo 710: 1.
- Carros Planos: 14 unidades.
- Capacidad de carga de cada Set: 576 durmientes.

Servicios

- Durmientes a cargar: 13.987.
- N° de viajes: 2 viajes.
- Tiempo estimado para cada vuelta: 5 días.
- Carga: 1 día
Viaje Hacia Coronel: 1 día.
Descarga y distribución: 2 días.
Viaje hacia Puerto Lirquen: 1 día.
- Tiempo total de servicios: 10 días hábiles.



El servicio cotizado incluye las siguientes etapas de servicio.

- Equipos ferroviarios y de levante que requieren los procesos.
- Trínca y estiba de los durmientes sobre carros planos con sus materialidades.
- Traslado de los durmientes desde puerto Urquen a Coronel.
- Descarga y distribución durmientes.

2. Valores por Servicio.

Carga de durmientes sobre carro plano:

Servicio de carga de durmientes por viaje (2): 136.66 UF

Total: 273.32 UF

El servicio de carga de durmientes incluye.

- Locomotora para movimiento de patio: 1 unidad.
- Carros planos: 14 unidades
- Maquinista y Jefe de tren.
- Viático del personal.
- Arriendo de 2 grúas horquillas durante el tiempo estimado para el desarrollo de todos los servicios (2 viajes de Round Trip).
- Viáticos del operador de grúas.

Servicio de trínca y estiba con sus materialidades

Servicio de estiba y trínca por viaje (2): 59.10 UF

Total: 118.2 UF

El servicio de estiba y trínca de durmientes incluye:

Personal:

- Supervisión: 1
- Personal: 4
- Viáticos Personal



Materiales:

- Durmientes.
- Madera separadora de cama.
- Elementos de Trinca.
- Se incluye traslado de los materiales de estiba y trinca desde el punto de descarga de los durmientes hacia puerto de Lirquen para cada viaje.

Servicios de Traslado de durmientes desde Puerto Lirquen a Coronel y Regreso.

Servicio de traslado de durmientes por viaje: **125.68 UF**

Total: 251.36 UF

- El servicio de traslado de durmientes desde Puerto Lirquen a Coronel con el tren cargado y su regreso desde Coronel a Lirquen con el tren vado
Incluye:
 - Locomotora para mover carros: 1 Unidad.
 - Carros planos: 14 unidades.
 - Maquinista y Jefe de tren.
 - Viáticos del personal.
 - Pioneta que controle la carga y recupere los elementos de estiba y trinca.

Combustible y lubricantes:

Combustible por viaje: **27.09 UF.**

Total: 54.18 UF

Este punto incluye:

- Combustible y lubricantes de locomotora.
- Combustible de grúas.



3. Condiciones de los servicios de los puntos 1 y 2.

- FESUR deberá tener las condiciones listas y coordinadas para el cargo de los durmientes en puerto Urquen. Deberá además, tener coordinado con tráfico el acceso de los trenes y en buen estado los desvíos hacia el acopio de los durmientes y donde se realizara carga y descarga.
- FESUR deberá asignar canales de circulación para el tren de traslado de los rieles, de manera de poder organizar el servicio acorde con estos canales de circulación y cumplir con los tiempos y trabajos programados. Estos canales de circulación deberán ser coordinados con SAFER.
- El proceso de descarga de durmientes deberá estar acorde y coordinado con la programación del tren de traslado de los durmientes, como así mismo con los canales de circulación asignado por FESUR, de manera de tener los tiempos de espera entre servicios.
- El tren de durmientes llegara a un punto determinado por FESUR con acuerdo con SAFER, desde donde se iniciara la distribución de los durmientes en terreno.

4. Servicios de Distribución de Durmientes.

El uso de la locomotora y carros serán cobrado de acuerdo a los valores establecidos a continuación. Estos valores se comenzaran a correr según los tiempos que se acuerden y Coordinen FESUR y SAFER.

Los Valores de uso de los equipos serán cobrados desde el momento acordado hasta que se haya terminado el proceso de distribución de durmientes y el tren allá regresado desde Coronel. Los valores de distribución por hora se cobraran desde el omento acordado hasta que se desocupen los equipos para poder regresar, aun cuando por algún problema ajeno a SAFER, existan tiempos muertos con equipos cargados.

Condiciones distribución de durmientes.

Personal: se considera un maquinista y su jefe de tren por turno, cada turno es de 9 horas diarias de lunes a vienes. En resumen son 45 horas normales y 0 horas extras semanales para el maquinista y palanquero.



5. Condiciones Generales.

Personal: Los maquinistas tienen todas sus licencias al día para operar en las líneas férreas centrales de la red sur de EFE.

Mantenimiento: Incluye mantenimiento de las locomotoras, incluyendo la provisión de zapatas. El arrendatario de los equipos debe proveer los espacios, tiempos y facilidades físicas para la realización de las mantendones semanales, mensuales y anuales que requieren los equipos para su normal funcionamiento, donde estén realizando las faenas.

Costos adicionales: No se ha considerado en los arriendos costos por pagos de derechos de circulación y/p Peajes por las vías Férreas. De existir estos cobros son de cargo del arrendatario de los equipos.

La forma de pago arriendo: 30 días corridos después de presentada la factura. La factura se emite al día siguiente terminado los servicios.

6. Resumen de presupuesto.

• Carga de durmientes:	273.32 UF
• Servicio de trinca y estriba:	118.2 UF
• Traslado de durmientes:	251.36 UF
• Combustible y lubricantes:	54.18 UF
• Total	697.06 UF

Nota: Todos los valores presentados previamente son netos y se les debe agregar el IVA.

Sin otro particular y en espera de noticias vuestras, les saludamos atentamente.

PAULA VILDÓSOLA BRIEBA
Gerencia

cc.- Archivo.
PVB/nm

3.7.4 ANEXO 4

- Cotización empresa FACOP LTDA.

COTIZACION MENOR
INGENIERIA Y CONSTRUCCIONES FACOP LTDA.
77.777.560-3




DATOS DEL CLIENTE				Nº DE COTIZACION CM 16-1348_R0	
R.U.T.	96.796.510-2				
Razón Social	FERROCARRILES SUBURBANOS DE CONCEPCION S.A.			Fecha 20 de Diciembre de 2016	
Otros	TRANSPORTE DE PASAJEROS				
Dirección	O'HIGGINS POSENTE #77, CONCEPCION			Ciudad	CONCEPCION
Pais	Ch			Email	
ANTECEDENTES DEL SOLICITANTE				Vendedor	
Proyecto	FOMENTO DE SUBSISTENTES A OBRA EN CONCEPCION PASAJEROS S.A.			Subido Cliente	
Contrato	N/A			E-MAIL 29-12-2016	
Solicitante	ANTONIO CASTELLO			E-MAIL 29-12-2016	

ITEM	CANT	UNID	DESCRIPCION	PRECIO(S)	
				UNID.	ITEM
1	100.0	C/V	SERVICIO DE TRANSPORTE COMERCIAL A CONCEPCION MEDIANTE CAMION RAMPA COMPLETO. LOS SERVICIOS CUBRIRAN CON EL TRASLADO DE SUBSISTENTES EN UN TOTAL DE 1.400 TONELADAS Y SERAN EFECTUADOS POR UN VALOR PROGRAMADO CON LA SUPLENIA PROXIMA.	\$ 100.000	\$ 10.000.000
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					

TOTAL	100.0	-			
Condiciones de Pago	CONTADO 30 DIAS			Neto: \$10.000.000.-	
Validez de la Oferta	30 DIAS SUJETO A VARIACION DE PRECIOS MEDIANTE AL MOMENTO DE RECEPCION DE LA ORDEN			L.V.A: \$ 2.000.000.-	
Lugar de Entrega	N/A			Total: \$ 12.000.000.-	

ALCANCIA A LA OFERTA

- 1) CONSIDERA MADURA Y ENTREGA PARA CARGA
- 2) CARGA Y DESCARGA POR PARTE DEL CLIENTE
- 3)
- 4)
- 5)
- 6)
- 7)
- 8)
- 9)
- 10)
- 11)
- 12)



Gerente General
Antonio Castello
Firma representativa legal
(completa)

7.077.560-3

AUTORIZACION

Lestería #1199, Pedro del Río Zañartu, Concepción – Fono: 041-2251272 – email: ventas@facop.cl – website: www.facop.cl

Cotización empresa FACOP LTDA.

3.7.5 ANEXO 5

- Cotización instalación de durmientes ICIL-ICAFAL (Reciclados y hormigón pretensado)



Augusto Leguía Sur 160, Oficina 41.
Las Condes, Santiago, Chile.
Teléfono: (56-2)23319331
Fax: (56-2)23319380

Para: FESUR S.A
Contacto: Manuel Basoalto.
Fono: 966749297

Oferta Económica

Instalación de durmientes en Concepción.

ICIL-ICAFAL presenta la oferta económica Solicitada por Don Manuel Basoalto, para la instalación de durmientes de hormigón y durmientes reciclados.

Para la instalación de los durmientes reciclados se consideran las mismas fijaciones que durmientes de madera, en caso de presentar alguna fijación o maquinaria especializada, la oferta económica no será válida hasta efectuar un nuevo estudio de instalación.

Las cotizaciones serán entregadas de manera independiente como fue solicitado por FESUR.

Jorge Duble Baraona.

Nombre del representante Legal.



ICIL-ICAFAL S.A.

Firma del representante Legal.



Gerente de
Proyectos

Viernes 28 de Diciembre de 2018.

Oferta económica instalación de durmientes de hormigón.

N°	Mano de obra	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Total
1	Instalación de durmiente de hormigón.	C/U	13987	\$ 14,749	\$ 206,294,263
2	Nivelación y alineación de durmientes.	ML	7635	\$ 3,870	\$ 29,347,430
	Total de mano de obra.				\$ 235,841,713
N°	Materiales				
1	Durmiente de hormigón	C/U	13987	\$ 61,300	\$ 860,200,300
2	Sillas Pandrol, sujeción elástica y placa de caucho	C/U	27974	\$ 13,461	\$ 376,358,014
	Total de materiales				\$ 1,236,758,514
	Total				\$ 1,472,600,227
	Gastos Generales (20 %)				\$ 294,520,045
	Utilidades (15%)				\$ 220,890,034
	Sub Total				\$ 1,988,010,306
	I.V.A (19%)				\$ 377,721,958
	Total I.V.A incluido				\$ 2,365,732,265

Oferta Económica Instalación de durmientes reciclados.

N°	Mano de obra	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Total
1	Instalación de durmiente reciclado	C/U	13987	\$ 11,053	\$ 154,398,311
2	Nivelación y alineación de durmientes	ML	7635	\$ 3,870	\$ 29,347,430
	Total de mano de obra.				\$ 184,145,761
N°	Materiales				
1	Durmiente Reciclado (Entregados por FESUR)	C/U	0	\$ 0	\$ 0
2	Suministro de silletas y tirafondos	C/U	27974	\$ 14,361	\$ 407,329,414
	Total de materiales				\$ 407,329,414
	Total				\$ 591,475,175
	Gastos Generales (15%)				\$ 88,721,276
	Utilidades (15%)				\$ 88,721,276
	Sub Total				\$ 768,917,728
	I.V.A (19%)				\$ 146,094,368
	Total I.V.A incluido				\$ 915,012,096

Firma Representante Legal



3.7.6 ANEXO 6

- Cotización mantención de durmientes contrato ICIL-ICAFAL



FORMULARIO N°8
"MANTENIMIENTO VIA FERREA TRAMO BIOTREN Y EXTENSION A CORONEL"
OFERTA ECONOMICA (VALORES NETO)
MANTENIMIENTO MAYOR POR UN PERIODO DE 3 AÑOS.

N°	Mano de obra	Unidad	Cantidad	Precio
1	Colocación de balasto	M3	1	\$ 15,662
2	Sustitución de durmiente de madera	C/U	1	\$ 24,325
3	Sustitución de durmiente de hormigón	C/U	1	\$ 29,114
4	Reemplazo aislado de Rieles	MLV	1	\$ 17,861
6	Nivelación y alineación	MLV	1	\$ 8,486
7	Perfilado de vía	MLV	1	\$ 8,883
8	Acopio de materiales	TON	1	\$ 20,057
9	Reposición de confinamiento	MLV	1	\$ 15,416
10	Reposición de balizas	C/U	1	\$ 29,240
11	Roce y despaste manual	MLV	1	\$ 818
12	Control químico de la vía	MLV	1	\$ 251
13	Limpieza de cunetas y banquetas	MLV	1	\$ 5,688
14	Reparación de cruzamiento	C/U	1	\$ 2,974,452
15	Reparación de agujas	C/U	1	\$ 331,152
16	Mantención de cruces a nivel	C/U	1	\$ 882,346
Total mano de obra				\$ 4,563,951

N°	Suministro de materiales	Unidad	Cantidad	Precio
1	Distribución y transporte de Balasto	M3	1	\$ 23,705
2	Distribución y transporte de riel X	C/U	1	\$ 37,077
3	Distribución y traslado de durmiente de madera	C/U	1	\$ 37,077
4	Distribución y traslado de durmiente hormigón	C/U	1	\$ 61,500
5	Suministro de silletas y tirafondo	C/U	1	\$ 14,561
6	Sillas Pandrol, sujeción elástica y placa de caucho	C/U	1	\$ 13,461
Total de materiales				\$ 187,381

JORGE DOUBLE BARAONA
 Nombre del representante Legal.
 Santiago, 29 de febrero del 2016


 Firma Representante Legal

ICIL-ICAFAL S.A.

3.8 BIBLIOGRAFÍA

- <http://www.atlasties.com/FAQ.php>
- Revista todo trenes Numero 97 (año 2015)
- <http://www.axionintl.com>.
- http://en.wikipedia.org/wiki/Railroad_tie
- <http://www.lvz.de/Region/Oschatz/Rollt-die-Doellnitzbahn-bald-ueber-recyclelte-Joghurtbecher>
- https://www.deutschlandfunk.de/bahngleise-die-kunststoffschwelle-kommt.676.de.html?dram:article_id=301972
- <http://www.alaf.int.ar/?pag=revista&id=184>
- <http://www.sicut.co.uk/about-us/251-2/>
- http://www.ecoplas.org.ar/newsletter_2017_junio_vida_cotidiana.php