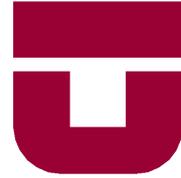




INGENIERÍA CIVIL INDUSTRIAL



**UNIVERSIDAD DE TALCA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL INDUSTRIAL**

**PROYECTO DE TÍTULO**

**PROYECTO PARA LA VALORIZACIÓN DE RESIDUOS  
PET DE LA CIUDAD DE TALCA, MEDIANTE LA  
PRODUCCIÓN DE LADRILLOS ECOLÓGICOS**

**AUTOR:**

**JORGE ANDRÉS PELLET SÁNCHEZ**

**PROFESOR TUTOR:**

**JORGE BRAXIO SANDOVAL MANRÍQUEZ**

**CURICÓ - CHILE**

**JULIO DE 2021**

## CONSTANCIA

La Dirección del Sistema de Bibliotecas a través de su encargado Biblioteca Campus Curicó certifica que el autor del siguiente trabajo de titulación ha firmado su autorización para la reproducción en forma total o parcial e ilimitada del mismo.



Two circular stamps and handwritten signatures. The left stamp is from the 'DIRECCIÓN SISTEMA DE BIBLIOTECAS' of the 'UNIVERSIDAD DE TALCA'. The right stamp is from the 'SISTEMA DE BIBLIOTECAS CAMPUS CURICO' of the 'UNIVERSIDAD DE TALCA'.

Curicó, 2022

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, agradecer a cada uno de los integrantes de la familia Pellet Sánchez, madre, padre y hermano, quienes fueron parte fundamental en este proceso, los que me apoyaron de manera incondicional en todo momento, luchando contra distintas adversidades para hacer realidad el anhelo de ser ingeniero civil industrial.

En segundo lugar, agradecer a amigos y compañeros que fueron un gran apoyo, brindando momentos inolvidables dentro de los años de estudio, y sin duda, apoyando en momentos de alegrías y tristezas.

En último lugar, se agradece el apoyo entregado por parte de cada uno de los integrantes de la casa El Quijote de la FHEU generaciones 2015-2020, quienes me acompañaron durante estos periodos de estudio, dejando enseñanzas de vida que marcaron un antes y después en mi vida.

## **RESUMEN EJECUTIVO**

En el presente proyecto de mejoramiento, se desarrolla el diseño de una planta de ladrillos ecológicos, el cual se diferencia de otras plantas de ladrillos, debido a que el producto se obtiene reemplazando 10% de áridos finos por plástico PET. Se comienza con la descripción del producto a fabricar, para luego realizar un estudio de mercado y así estimar la demanda que hoy en día puede ser cubierta por la recolección de plástico en el centro de acopio de la Ilustre Municipalidad de Talca, de esta manera, se han obtenido datos concretos de que la totalidad producida tendrá fines útiles dentro de la misma Corporación.

De esta manera, comienza el proceso de diseño de la planta, definiendo sus procesos y capacidades para cumplir con una producción de aproximadamente 1,41 millones de ladrillos al año y así obtener las dimensiones de la planta, la cual utilizará una superficie de 1.174 m<sup>2</sup>, teniendo ubicación en las dependencias donde también se encuentra el actual centro de acopio municipal en la calle 6 Norte entre 17 y 18 Oriente en la comuna de Talca, Chile. Para la toma de esta decisión, se ha hecho la elección debida según las maquinarias y herramientas necesarias y así diseñar los centros de trabajo de tal manera que, se cumpla con el dimensionado necesario para abarcar la demanda calculada.

Finalizando, se realiza la evaluación económica del proyecto, en el cual el indicador VAN entrega un valor positivo de \$746.174.660 al décimo año, con una TIR del 29,3%, datos relevantes para afirmar que el proyecto es rentable, obteniendo un gran provecho monetario de este y recuperando el monto de inversión en el año 5,07. De todas maneras, se han realizado escenarios optimistas y pesimistas, para obtener un estudio económico con distintos puntos de vista, los cuales, evalúan una situación de mayor recolección de plástico (escenario optimista) y una situación en que el VAN sea igual a \$0 (escenario pesimista).

**Jorge Andrés Pellet Sánchez**

**(jpellet15@alumnos.otalca.cl)**

**Estudiante Ingeniería Civil Industrial - Universidad de Talca**

**Julio de 2021**

## **EXECUTIVE SUMMARY**

In this improvement project, the design of an ecological brick plant is developed, which differs from other brick plants because the product is obtained by replacing 10% of fine aggregates with PET plastic. It begins with the description of the product to be manufactured, to then carry out a market study and thus estimate the demand that today can be covered by collection of plastic in the collection center of the Illustrious Municipality of Talca, in this way, concrete data have been obtained that the totality produced will have useful purposes within the Corporation.

In this way, the design process of the plant begins, defining its processes and capacities to meet a production of approximately 1,41 million bricks per year and thus obtain the dimensions of the plant, which will use an area of 1.174 m<sup>2</sup>, having a location in the dependencies where the current municipal collection center is also located on Calle 6 norte entre 17 y 18 oriente in the commune of Talca, Chile. To make this decision, the appropriate choice has been made according to the necessary machinery and tools and thus design the work centers in such a way that the necessary dimensioning is met to cover the calculated demand.

Finally, the economic evaluation of the project is carried out, in which the VAN indicator delivers a positive value of CLP\$746.174.660 in the tenth year, with an TIR of 29,3%, relevant data to affirm that the project is profitable, obtaining a great monetary benefit of this and recovering the investment amount in the year 5,07. In any case, optimistic and pessimistic scenarios have been carried out, to obtain an economic study with different points of view, which evaluate a situation of greater plastic collection (optimistic scenario) and a situation in which the VAN is equal to CLP\$0 (pessimistic scenario).

**Jorge Andrés Pellet Sánchez**

**(jpellet15@alumnos.otalca.cl)**

**Industrial Civil Engineering Student – University of Talca**

**July 2021**

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

1.	CAPÍTULO 1: CONTEXTUALIZACIÓN DEL PROYECTO .....	2
1.1.	Lugar de aplicación.....	3
1.1.1.	Descripción global de la empresa.....	3
1.1.2.	Estructura organizacional .....	3
1.1.3.	Funciones que desempeña la empresa .....	4
1.2.	Descripción del Área de ambiente, aseo y ornato.....	7
1.2.1.	Departamento de gestión de residuos .....	7
1.2.2.	Departamento de paisajismo urbano .....	7
1.2.3.	Departamento de arbolado urbano.....	7
1.2.4.	Departamento de medio ambiente .....	8
1.3.	Tipos de proyectos del área .....	8
1.3.1.	Proyecto de reciclaje.....	9
1.3.2.	Planta de compostaje .....	10
1.4.	Problemática .....	10
1.5.	Objetivo general.....	12
1.6.	Objetivos específicos .....	12
1.7.	Resultados tangibles esperados.....	12
2.	CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO Y METODOLOGÍA.....	13

2.1.	Marco teórico .....	14
2.1.1.	Estudio del proyecto como proceso cíclico .....	14
2.1.2.	Evaluación técnica .....	16
2.1.3.	Norma Chilena 181 – 2006 (NCh 181) .....	16
2.1.4.	Análisis de la relación de actividades .....	17
2.1.5.	Flujo de caja .....	20
2.1.6.	Indicadores de rentabilidad .....	22
2.1.7.	Tipos de plásticos .....	24
2.2.	Metodología de solución y programación de actividades .....	26
2.2.1.	Metodología .....	26
2.2.2.	Programación de actividades .....	27
3.	CAPÍTULO 3: DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL .....	29
3.1.	Proyecto “Talca Recicla” .....	30
3.1.1.	Centros de Reciclaje Municipal (CMR) .....	30
3.2.	Oferta del plástico PET .....	31
3.2.1.	Reciclaje del plástico PET en el mundo .....	31
3.2.2.	Reciclaje del plástico PET en Chile .....	32
3.2.3.	Plástico PET recaudado en el centro de acopio de la municipalidad de Talca... ..	34
3.3.	Elaboración de ladrillo ecológico con base de cemento y PET .....	36

3.3.1.	Estudio investigado .....	37
3.3.2.	Dosificación.....	38
3.4.	Plantas para la producción de ladrillos ecológicos .....	38
3.4.1.	Proyecto “Adoquines ecológicos hechos de material reciclado PET” .....	39
3.4.2.	Proyecto “Diseño del proceso de producción de ladrillos basados en plástico reciclado” .....	39
3.4.3.	Proyecto “Ladrillos ecológicos con material reciclado PET” .....	40
3.4.4.	Comparación entre proyectos .....	40
4.	CAPÍTULO 4: PROPUESTA DE PROYECTO .....	42
4.1.	Descripción del producto .....	43
4.1.1.	Estructura.....	43
4.1.2.	Composición.....	44
4.2.	Estudio de mercado.....	44
4.2.1.	Consumo de ladrillos en el mercado.....	44
4.2.2.	Valor de venta en el mercado .....	46
4.2.3.	Mercado apuntado al consumo del producto.....	47
4.3.	Definición de la capacidad de la planta .....	49
4.3.1.	Disposición de PET desde recolección domiciliaria .....	50
4.3.2.	Disposición de PET desde recolección en CMR.....	53
4.3.3.	Disposición final de PET .....	55

4.4.	Diseño de los procesos de producción del ladrillo ecológico .....	56
4.4.1.	Diseño lógico de los procesos .....	57
4.4.2.	Capacidad y flujo de los procesos .....	59
4.5.	Selección de tecnologías .....	64
4.5.1.	Selección de planta de trituración, lavado y secado de plástico PET .....	64
4.5.2.	Selección de planta productora de ladrillos .....	68
4.5.3.	Selección de mezcladora .....	71
4.5.4.	Selección de transportador de tornillo .....	74
4.6.	Diseño de centros de trabajo .....	76
4.6.1.	Acopio de plástico .....	77
4.6.2.	Tratamiento de PET .....	77
4.6.3.	Producción de ladrillos .....	79
4.6.4.	Dosificación de insumos.....	80
4.6.5.	Bodega de insumos.....	81
4.6.6.	Planta de curado.....	82
4.6.7.	Bodega de almacenado .....	83
4.6.8.	Zona de despacho .....	84
4.6.9.	Oficina del encargado de planta .....	85
4.6.10.	Baños .....	86

4.6.11.	Resumen de centros de trabajo .....	87
4.7.	Organigrama .....	87
4.8.	Localización y <i>layout</i> final de la planta .....	88
4.8.1.	Localización de la planta de producción de ladrillos ecológicos .....	88
4.8.2.	Diseño del <i>Layout</i> final .....	89
5.	CAPÍTULO 5: EVALUACIÓN DE IMPACTOS .....	94
5.1.	Impacto ambiental.....	95
5.1.1.	Lista de chequeo .....	95
5.2.	Impacto tecno-económico.....	97
5.2.1.	Parámetros .....	97
5.2.2.	Inversiones.....	99
5.2.3.	Calendarios .....	100
5.2.4.	Ingresos.....	100
5.2.5.	Costos .....	102
5.2.6.	Capital de trabajo.....	104
5.2.7.	Valor de desecho .....	104
5.2.8.	Flujo de caja .....	105
6.	CONCLUSIONES.....	109
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	110

8. ANEXOS ..... 122

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Ciclo de proyectos ..... 14

Ilustración 2: Esquema de estudio de viabilidad económica ..... 15

Ilustración 3: Definición de códigos del diagrama de relación de actividades ..... 18

Ilustración 4: Ejemplo de diagrama de relación de actividades ..... 19

Ilustración 5: Ejemplo de Hoja de trabajo de relación de actividades ..... 19

Ilustración 6: Bloque que representa el departamento de fabricación ..... 20

Ilustración 7: Metodología del proyecto ..... 26

Ilustración 8: Programación de las actividades en el tiempo (actividades resumen) ..... 28

Ilustración 9: Presentación física de ladrillo ecológico a producir ..... 43

Ilustración 10: Proceso de producción de ladrillo ecológico ..... 56

Ilustración 11: *Layout* del centro de trabajo de acopio de plástico ..... 77

Ilustración 12: *Layout* del centro de trabajo de tratamiento de PET ..... 78

Ilustración 13: *Layout* del centro de trabajo de producción de ladrillos ..... 79

Ilustración 14: *Layout* del centro de trabajo de dosificación de insumos ..... 80

Ilustración 15: *Layout* del centro de trabajo bodega de insumos ..... 81

Ilustración 16: *Layout* del centro de trabajo de planta de curado ..... 83

Ilustración 17: <i>Layout</i> del centro de trabajo de bodega de almacenado.....	84
Ilustración 18: <i>Layout</i> del centro de trabajo “Oficina del encargado de planta”.....	85
Ilustración 19: <i>Layout</i> del centro de trabajo de apoyo “Baños”.....	86
Ilustración 20: Organigrama de la planta de producción de ladrillos ecológicos.....	88
Ilustración 21: Vista satelital de terreno dispuesto para implementación de la planta.....	89
Ilustración 22: Bosquejo adimensional del <i>layout</i> final de la planta de producción de ladrillos ecológicos.....	91
Ilustración 23: Vista satelital de terreno de implementación con <i>layout</i> final presentado.....	91
Ilustración 24: <i>Layout</i> final de la planta de producción de ladrillos ecológicos.....	93

## **ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1: Resumen de ingresos mensuales de plástico y su comercialización.....	11
Tabla 2: Requisitos de resistencia, absorción y clasificación por peso de bloques de hormigón.....	17
Tabla 3: Estructura del flujo de caja.....	22
Tabla 4: Nomenclatura de cálculo para VAN.....	22
Tabla 5: Dosificación por zona establecida en la NCh163 y cada porcentaje de reemplazo por PET.....	38
Tabla 6: Comparación de precio por metro cúbico de ladrillos ecológicos existentes.....	41
Tabla 7: Edificación autorizada, por superficie según material predominante en muros 201945	
Tabla 8: Comparación de precio de venta de ladrillos ecológicos y fiscales en Chile.....	47

Tabla 9: Resumen de proyectos de transporte y vialidad desarrollados por Ilustre Municipalidad de Talca.....	48
Tabla 10: Pronóstico de gastos por proyectos de transporte y vialidad en los próximos diez años .....	49
Tabla 11: Resumen de ingreso de PET mensual y semanal en cada mes del año .....	52
Tabla 12: Resumen de comparación de errores entre métodos de proyección.....	53
Tabla 13: Proyección de PET ingresado a centro de acopio desde CMR en el año 2022 .....	54
Tabla 14: Ingreso de PET a centro de acopio considerando la implementación de recolección domiciliaria.....	55
Tabla 15: Disposición final de PET para la planta de producción de ladrillos ecológicos .....	55
Tabla 16: Resumen datos obtenidos por estudio del proceso de selección de plásticos en centro de acopio.....	60
Tabla 17:Resumen de kg correspondientes a cada componente de botella.....	62
Tabla 18: Resumen de dosificación de insumos por periodo de tiempo .....	63
Tabla 19: AHP cuantificación de importancia de un criterio sobre otro criterio, planta de triturado .....	67
Tabla 20: Ponderación de criterios de selección de planta de triturado, lavado y secado.....	67
Tabla 21: Características de plantas de triturado, lavado y secado cotizadas .....	68
Tabla 22: Evaluación de plantas de trituración, lavado y secado de PET.....	68
Tabla 23: AHP cuantificación de importancia de un criterio sobre otro criterio, P. producción de ladrillo.....	70
Tabla 24: Ponderación de criterios de selección de planta de producción de ladrillos .....	70

Tabla 25: Características de plantas de producción de ladrillos.....	71
Tabla 26: Evaluación de plantas de producción de ladrillos .....	71
Tabla 27: AHP cuantificación de importancia de un criterio sobre otro criterio de mezcladora .....	73
Tabla 28: Ponderación de criterios de selección de mezcladora .....	73
Tabla 29: Características de mezcladoras.....	73
Tabla 30: Evaluación de mezcladoras .....	74
Tabla 31: AHP cuantificación de importancia de un criterio sobre otro criterio de transportador de tornillo.....	75
Tabla 32: Ponderación de criterios de selección de transportador de tornillo.....	76
Tabla 33: Características de transportadores de tornillo .....	76
Tabla 34: Evaluación de transportadores de tornillo .....	76
Tabla 35: Simbología del <i>layout</i> del centro de trabajo de tratamiento de PET .....	78
Tabla 36: Simbología del <i>layout</i> del centro de trabajo de producción de ladrillos .....	79
Tabla 37: Simbología del <i>layout</i> del centro de trabajo de dosificación de insumos .....	80
Tabla 38: Simbología del <i>layout</i> del centro de trabajo bodega de insumos .....	82
Tabla 39: Simbología del <i>layout</i> del centro de trabajo de planta de curado.....	83
Tabla 40: Simbología del <i>layout</i> del centro de trabajo de bodega de almacenado.....	84
Tabla 41: Simbología del <i>layout</i> del centro de trabajo “Oficina del encargado de planta” .....	85
Tabla 42: Simbología del <i>layout</i> del centro de trabajo de apoyo “Baños” .....	86

Tabla 43: Resumen de centros de trabajo .....	87
Tabla 44: Resumen de número de trabajadores por función – 1 turno.....	88
Tabla 45: Relaciones existentes entre los centros de trabajo.....	90
Tabla 46: Hoja de trabajo de la planta de ladrillos ecológicos .....	90
Tabla 47: Matriz de interacciones .....	97
Tabla 48: Pronóstico de producción de ladrillos ecológicos en periodos de evaluación .....	98
Tabla 49: Proyección de ahorros generados por utilización de ladrillos ecológicos (CLP\$).	102
Tabla 50: Balance del personal.....	102
Tabla 51: Resumen de costos fijos .....	103
Tabla 52: Consumo eléctrico por kilogramo procesado del activo .....	103
Tabla 53: Consumo de agua por kilogramo procesado .....	103
Tabla 54: Resumen de costos por kilogramo de insumo .....	104
Tabla 55: Indicadores financieros del flujo de caja incremental en escenario base .....	105
Tabla 56: Indicadores financieros del flujo de caja incremental en escenario optimista .....	106
Tabla 57: Indicadores financieros del flujo de caja incremental en escenario pesimista .....	107
Tabla 58: Resumen de indicadores financieros según escenarios evaluados .....	108

## **ÍNDICE DE GRÁFICOS**

Gráfico 1: Porcentajes perteneciente a colaboradores de la Municipalidad de Talca .....	4
---	---

Gráfico 2: Estadística de participación ciudadana en CMR's desde Diciembre – 2019 hasta marzo 2020 .....	9
Gráfico 3: Recolección de plásticos PET por CMR .....	31
Gráfico 4: Recepción de plástico PET en periodo normal .....	35
Gráfico 5: Recepción de plástico PET en periodo en pandemia .....	36
Gráfico 6: Resistencia a la compresión versus porcentaje de reemplazo para un hormigón G25 .....	37
Gráfico 7: Tendencia de gastos por año en proyectos de transporte y vialidad .....	48
Gráfico 8: Cantidad de ladrillos requeridos en proyectos a través de los años .....	49
Gráfico 9: Curva de RSD recolectados en la ciudad de Talca en los últimos cinco años .....	51

## **ÍNDICE DE FÓRMULAS**

Ecuación 1: Total de códigos de relación .....	18
Ecuación 2: Cálculo del VAN .....	23
Ecuación 3: Cálculo simplificado del VAN .....	23
Ecuación 4: Cálculo de la TIR.....	23
Ecuación 5: Cálculo simplificado de la TIR.....	23
Ecuación 6: Tendencia lineal de recolección de PET en periodo normal .....	34
Ecuación 7: Tendencia logarítmica de recolección de PET en periodo normal .....	35
Ecuación 8: Cálculo de la cantidad de ladrillos por metro cuadrado de muro (sin desperdicio) .....	45

Ecuación 9: Total de PET mensual obtenido por el sistema de recolección domiciliaria.....	52
Ecuación 10: Cálculo de capacidad de turno de proceso de selección .....	60
Ecuación 11: Cálculo de horas al día de trabajo para la planta de trituración, lavado y secado .....	61
Ecuación 12: Cálculo de consumo de agua semanal por proceso de lavado.....	62
Ecuación 13: Cálculo de consumo energético específico.....	65
Ecuación 14: Cálculo de consumo de agua específico .....	66
Ecuación 15: Cálculo de diferencia de volumen del ladrillo producido.....	69
Ecuación 16: Cálculo de TREMA .....	97

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

Anexo 1: Estructura organizacional Municipalidad de Talca (Parte 1).....	122
Anexo 2: Estructura organizacional Municipalidad de Talca (Parte 2).....	122
Anexo 3: Estructura organizacional Municipalidad de Talca (Parte 3).....	123
Anexo 4: Estructura organizacional Municipalidad de Talca (Parte 4).....	124
Anexo 5: Estructura organizacional Municipalidad de Talca (Parte 5).....	125
Anexo 6: Estructura organizacional Municipalidad de Talca (Parte 6).....	126
Anexo 7: Estructura organizacional Municipalidad de Talca (Parte 7).....	127
Anexo 8: Ejemplo de diagrama adimensional de bloques.....	128
Anexo 9: Programación de las actividades en el tiempo .....	129

Anexo 10: Kilogramos de PET recolectados por CMR en el último periodo .....	130
Anexo 11: Kilogramos de PET recolectado por semana en periodo normal .....	130
Anexo 12: Kilogramos de PET recolectado por semana en periodo en pandemia.....	130
Anexo 13: Recepción de plástico PET desde puesta en marcha de proyecto Talca Recicla..	131
Anexo 14: Diferencia de resistencia a la compresión (28 días) respecto al hormigón patrón	132
Anexo 15: Granulometría, densidad relativa y absorción de la arena y gravilla.....	132
Anexo 16: Distribución granulométrica para PET reciclado.....	132
Anexo 17: Edificación autorizada total, superficie en metros cuadrados, según región en año 2019 .....	133
Anexo 18: Proyectos de transporte y vialidad del año 2016 - Ilustre Municipalidad de Talca .....	134
Anexo 19: Proyectos de transporte y vialidad del año 2017 - Ilustre Municipalidad de Talca .....	135
Anexo 20: Proyectos de transporte y vialidad del año 2018 - Ilustre Municipalidad de Talca .....	136
Anexo 21: Proyectos de transporte y vialidad del año 2019 - Ilustre Municipalidad de Talca .....	137
Anexo 22: Residuos sólidos domiciliarios emitidos en los últimos cinco años .....	138
Anexo 23: Comparación de proyecciones en el tiempo .....	138
Anexo 24: Datos recolectados de estudio del proceso de selección en centro de acopio municipal .....	139
Anexo 25: Pesaje de 10 etiquetas de botellas de plástico PET.....	139

Anexo 26: Pesaje de botella PET de tres litros.....	140
Anexo 27: Pesaje 10 golillas de plástico PP agregadas a la botella de plástico PET .....	140
Anexo 28: Cantidad de metros cúbicos a producir según el periodo .....	141
Anexo 29: Insumos necesarios para producción anual de ladrillos.....	142
Anexo 30: Balance de masa de los procesos (Periodo de una semana) .....	143
Anexo 31: AHP definición de criterio más importante para planta de triturado, lavado y secado .....	144
Anexo 32: AHP ¿cuánto más importante? es un criterio para planta de triturado, lavado y secado .....	144
Anexo 33: AHP definición de criterio más importante para planta producción de ladrillos..	145
Anexo 34: AHP ¿cuánto más importante? es un criterio para planta de producción de ladrillos .....	145
Anexo 35: AHP definición de criterio más importante para mezcladora.....	146
Anexo 36: AHP ¿cuánto más importante? es un criterio para la mezcladora .....	146
Anexo 37: AHP definición de criterio más importante para transportador de tornillo .....	146
Anexo 38: AHP ¿cuánto más importante? es un criterio para transportador de tornillo.....	147
Anexo 39: Porcentaje y cantidad del tipo de relación de los centros de trabajo .....	147
Anexo 40: Presentación de <i>layout</i> final en plano del terreno dispuesto por municipalidad de Talca .....	148
Anexo 41: Balance de mobiliarios .....	149
Anexo 42: Balance de equipos .....	149

Anexo 43: Balance de obras físicas .....	150
Anexo 44: Calendario de inversiones (CLP\$).....	151
Anexo 45: Calendario de venta de activos (CLP\$) .....	152
Anexo 46: Calendario de depreciación (CLP\$).....	153
Anexo 47: Calendario de valor libro (CLP\$) .....	154
Anexo 48: Costo de adquisición de adoquín versus costo de proyecto.....	155
Anexo 49: Costos de producción – Consumo de servicio eléctrico y agua.....	156
Anexo 50: Resumen de kilogramos de insumos consumidos según la producción anual.....	156
Anexo 51: Resumen de costo anual por compra de insumos .....	156
Anexo 52: Flujo de caja sin proyecto .....	157
Anexo 53: Flujo de caja con proyecto – Escenario base .....	158
Anexo 54: Flujo de caja incremental – Escenario base .....	159
Anexo 55: Flujo de caja con proyecto – Escenario optimista .....	160
Anexo 56: Flujo de caja incremental – Escenario optimista .....	161
Anexo 57: Flujo de caja con proyecto – Escenario pesimista .....	162
Anexo 58: Flujo de caja incremental – Escenario pesimista.....	163

## **GLOSARIO**

**PET:** es un tipo de materia prima plástica derivada del petróleo, correspondiendo su fórmula a la de un poliéster aromático. Su denominación técnica es Polietilén Tereftalato o Politereftalato de etileno.

**HDPE:** también llamado PEAD por su significado en español (polietileno de alta densidad), caracterizado por su ligereza, flexibilidad y alta resistencia a impactos.

**Epidemiología:** es el estudio de la distribución y los determinantes de estados o eventos relacionados con la salud y la aplicación de esos estudios al control de enfermedades y otros problemas de salud.

**CMR:** centro municipal de reciclaje.

**RSD:** residuos sólidos domiciliarios.

**Espesor de junta:** espesor de mezcla utilizada para pegar ladrillos en la construcción.

**Maxi sacas:** sacos con capacidad de 500 o 1000 litros.

**Pavimento:** piso construido por el hombre, que tiene la finalidad de mejorar un terreno existente.

**Adoquín:** piedra labrada en forma de prisma rectangular para la pavimentación de callos y otros usos.

# INTRODUCCIÓN

En la actualidad, Chile mantiene un consumo de plástico cercano a 913.000 toneladas por año, lo que se traduce a un consumo de aproximadamente 51 kg al año por persona. Además, se debe saber que no todo el plástico consumido tiene calidad de reciclable, siendo el plástico PET el reciclado con mayor facilidad y frecuencia, representando al 11,1% de plásticos y siendo reciclado sólo el 11% de éste (el 1,22% del plástico total consumido llega a ser PET reciclado) (Riveros, 2016).

Sólo el 17% de los chilenos recicla, teniendo en cuenta que un 40% restante de los chilenos indican que no recicla porque no existen sistemas de reciclaje en cercanías (Riveros, 2016). Por esta razón, la Ilustre Municipalidad de Talca ha considerado entre sus proyectos de ayuda al medio ambiente, un sistema de recolección de residuos para posteriormente ser comercializados y contribuir a la sociedad y ambiente en que vive el ciudadano de la ciudad de Talca. Sin embargo, se ha detectado un fallo en la valorización del plástico recolectado, perdiendo la oportunidad de obtener mayores beneficios.

De esta manera, surge la idea de fabricar un producto como corporación, entregando un valor agregado a la municipalidad de Talca y toda su población, volviéndose una ciudad responsable en el ámbito ambiental, aprovechando sus residuos plásticos de buena manera.

Dicho lo anterior, se presenta como producto, la fabricación de un ladrillo ecológico hecho en base de cemento y plástico PET, realizando el estudio de mercado para pronosticar su uso y así definir la capacidad que tendrá la planta de producción, sus maquinarias y herramientas necesarias para definir las dimensiones de cada uno de los centros de trabajo y presentar el *layout* final con la localización de esta. Es importante mencionar, que será desarrollada la evaluación tecno-económica y ambiental para definir su viabilidad y factibilidad.

# **CAPÍTULO 1: CONTEXTUALIZACIÓN DEL PROYECTO**

*En el presente capítulo se realiza la descripción de la empresa, para luego especificar el trabajo que será realizado y los resultados esperados, definiendo la problemática, objetivo general y objetivos específicos.*

## **1.1. Lugar de aplicación**

El desarrollo del proyecto será realizado en las dependencias de la Municipalidad de Talca, específicamente en el centro de acopio municipal de residuos segregados, ubicado en la calle 6 Norte, entre 17 y 18 Oriente de la ciudad de Talca.

### **1.1.1. Descripción global de la empresa**

La Municipalidad de Talca es una corporación encargada de administrar la ciudad de Talca, manteniendo la preocupación por la ciudadanía desde el año 1830, año en que esta corporación fue modificada, utilizando desde entonces el nombre que hoy se conoce como municipalidad. De manera de administrar la ciudad eficientemente, la municipalidad está separada por departamentos, cada uno de los cuales tiene distintos objetivos generales y específicos.

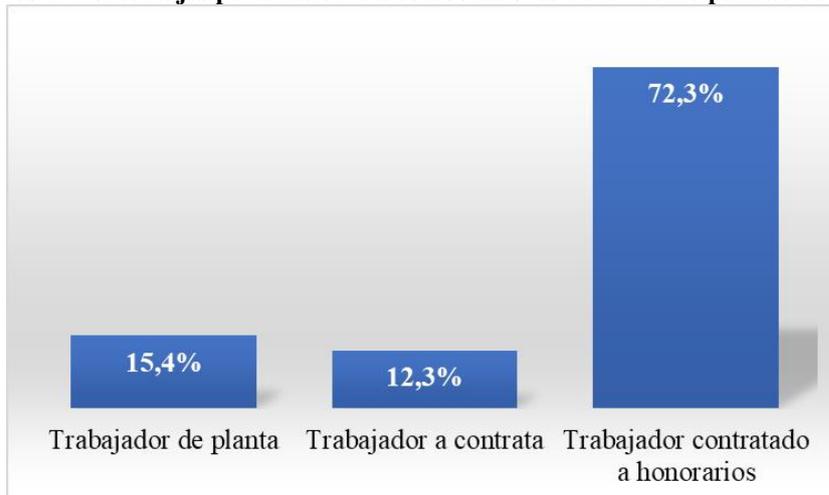
### **1.1.2. Estructura organizacional**

En la municipalidad de Talca, existe un número de colaboradores de aproximadamente 1.458 personas (Ilustre municipalidad de Talca, 2020), los cuales conforman distintos tipos de contrato, que son los que se describe a continuación:

- **Trabajador de planta:** conjunto de cargos permanentes que la ley permite a cada institución, los cuales pueden adoptar la calidad de titulares, suplentes o subrogantes (Escuela sindical, 2012). El número de colaboradores que mantienen este tipo de contrato es de 225 trabajadores.
- **Trabajador a contrata:** mantiene un carácter transitorio que se consulta en la dotación de una institución. Cada año expiran sus funciones, debiendo extenderse el contrato con 30 días de anticipación (Escuela sindical, 2012). El número de colaboradores que mantienen este tipo de contrato es de 179 trabajadores.
- **Trabajador contratado a honorarios:** profesionales, técnicos de educación superior o expertos en determinadas materias que son contratados para realizar labores accidentales, las cuales no son habituales en la institución (Escuela sindical, 2012). El número de colaboradores que mantienen este tipo de contrato es de 1.054 trabajadores.

Para comprender de mejor manera la cantidad de colaboradores que mantienen los distintos tipos de contrato, se puede visualizar el Gráfico 1.

**Gráfico 1: Porcentajes perteneciente a colaboradores de la Municipalidad de Talca**



*Fuente: Elaboración propia en base a (Ilustre municipalidad de Talca, 2020)*

El horario municipal en el que trabaja la mayoría de los funcionarios comienza a las 8:00 am hasta las 17:00 horas, contando con una hora de colación entre las 14:00 y 15:00 horas, cumpliendo así con un total de ocho horas por día trabajando cinco días a la semana.

Cabe destacar que la municipalidad de Talca, cuenta con departamentos y cargos los cuales son presentados en el organigrama que se muestra en el Anexo 1, Anexo 2, Anexo 3, Anexo 4, Anexo 5, Anexo 6 y Anexo 7, siendo aquel departamento y área en resalte el lugar en la organización en que se realizarán las funciones acorde al proyecto planteado (Ilustre Municipalidad de Talca, 2013).

### **1.1.3. Funciones que desempeña la empresa**

Como se ha podido observar en la estructura organizacional de la ilustre municipalidad de Talca, existen departamentos los cuales cumplen funciones específicas dentro de la organización de la municipalidad con el fin de asignar responsabilidades directas a cada una de las direcciones. Los departamentos que conforman la organización se presentan a continuación (Ilustre Municipalidad de Talca, 2020).

- **Departamento de administración de educación municipal (DAEM):** este departamento es el encargado de la administración educacional de colegios públicos a cargo de la municipalidad, contando con distintos subdepartamentos, entre los que se mencionan: administración (brindan colaboración a los requerimientos de los colegios para concretar procesos educativos y actividades formativas y complementarias), finanzas (encargados de formular presupuesto anual, ejecutar plan de adquisiciones y llevar la contabilidad del servicio educación), personal (responsable de llevar el control del personal, asignando horas e identificando las funciones específicas de cada docente t asistente de los establecimientos), social (encargado de prevenir, disminuir o eliminar los factores personales y del ambiente escolar que puedan afectar de manera negativa al aprovechamiento escolar del estudiante), entre otros (Ilustre Municipalidad de Talca, 2020).
- **Dirección de salud:** es el departamento cuya función es diseñar un plan comunal de salud anual, velar por la correcta gestión de convenios de salud, supervisar, monitorear y evaluar la efectividad de estrategias utilizadas para los procesos de la salud. Cabe mencionar que cuenta con tres sub-departamentos los cuales son: desarrollo de personas, informática y gestión clínica, que cumplen con la función de desarrollo organizacional, mantener base de datos de la salud y llevar a cabo las funciones principales del departamento respectivamente (Ilustre Municipalidad de Talca, 2019).
- **Dirección de tránsito:** departamento que se encarga de brindar las mejores condiciones de tránsito y servicios relacionados con el transporte urbano a la comunidad, con el fin de garantizar un desplazamiento continuo y expedito por las calles de la ciudad (Ilustre Municipalidad de Talca, 2020). Además, tiene una serie de funciones establecidas en el artículo 26 de la Ley orgánica constitucional de municipales N°18.695, las cuales son: otorgar y renovar licencias para conducir vehículos, señalizar adecuadamente las vías públicas, determinar el sentido de circulación de vehículos, entre otras.
- **Dirección de obras:** el objetivo principal de este departamento es la administración del desarrollo urbano de la comuna, supervisando el cumplimiento de las disposiciones legales que regulan las edificaciones en el territorio (Ilustre Municipalidad de Talca,

2020). Algunos de los objetivos específicos que tiene la dirección de obras son: comprobar el cumplimiento de las disposiciones legales mediante la inspección de obras en uso, elaborar y actualizar el catastro de las obras de urbanización y construcción, producir y plantear medidas relacionadas a la vialidad urbana y rural, aplicar normas establecidas por la Ley General de Urbanismo y Construcciones, entre otras.

- **Dirección de desarrollo comunitario (DIDECO):** este departamento tiene la misión de mejorar la calidad de vida de los habitantes de la comuna, dando un mayor énfasis a los sectores vulnerables de la sociedad, además, promueve la organización entre comunidades, prestando ayuda en la ejecución de programas y proyectos del área social, deportiva, recreación y seguridad (Ilustre Municipalidad de Talca, 2020). Algunas de sus funciones específicas son asesorar a la alcaldía y concejo municipal para confeccionar programas sociales, registrar y actualizar la información sobre dificultades sociales, económicas y de vulnerabilidad de la comunidad, asesorar organizaciones comunitarias y fomentar la legalización de éstas, gestionar recursos en función del presupuesto y objetivos establecidos en el plan de desarrollo comunal, entre otras funciones.
- **Dirección de ambiente, aseo y ornato:** departamento encargado de la recolección de residuos de la comuna, esto incluye mantener las plazas de la ciudad limpias y seguras de cualquier área verde que presente peligro para la comunidad. Otras de las funciones fundamentales es el aseo de la ciudad, incluyendo calles, canales, plazas, entre otros sectores que pertenezcan a propiedad municipal. Cabe mencionar que la función del área de medio ambiente se centra en la recuperación de recursos naturales, buscando la valorización de residuos mediante el reciclaje (Ilustre Municipalidad de Talca, 2020).
- **Juzgado de policía local:** este departamento cuenta con tres juzgados, los cuales cumplen la función de conocer, tramitar y resolver aquellas causas de la ley que son de su competencia dentro de su jurisdicción en el territorio comunal (Ilustre Municipalidad de Talca, 2020). Se encargan directamente a tratar las infracciones cursadas a la comunidad entre las que se pueden encontrar infracciones a la ley de tránsito, ordenanzas municipales, ley de rentas municipales, ley sobre expendio y consumo de bebidas alcohólicas, ley sobre copropiedad inmobiliaria, ley del tabaco, entre otras.

## **1.2. Descripción del Área de ambiente, aseo y ornato**

La dirección de ambiente, aseo y ornato cuenta con cuatro departamentos, los cuales, contribuyen al cumplimiento de funciones dentro de la dirección (Ilustre Municipalidad de Talca, 2013).

### **1.2.1. Departamento de gestión de residuos**

Departamento encargado de gestionar los residuos comunales, desde la recolección domiciliaria hasta el desecho en el vertedero de la comuna “El Retamo”. Cabe mencionar que, en esta sección se encuentra la unidad de inspección técnica del servicio, quien se encargan de supervisar el buen funcionamiento del proceso de recolección y desecho de la basura recolectada en la comuna, incluyendo, en primera parte de recolección, el trayecto de los camiones recolectores (abarcando cada sector de la ciudad), y en segundo lugar de deshecho de residuos, la gestión directa en el vertedero municipal.

### **1.2.2. Departamento de paisajismo urbano**

Esta sección es la encargada de mantener la comuna limpia y verde, asignando una unidad de inspección técnica a cargo de la supervisión de una empresa privada (OHL) que son las encargadas de la recolección de residuos no desechados al bote de la basura y del mantenimiento de áreas verdes (corte de pasto, riego, limpieza de parques, entre otras), además de contar con una segunda unidad de construcción de áreas verdes, encargada de la implementación de proyectos de parques dentro de la comuna y de la mantención que implique construcción en las zonas mencionadas (cambios de bancas, arreglo de caminos, soleras, entre otros).

### **1.2.3. Departamento de arbolado urbano**

Este departamento se encarga de mantener la comuna segura de eventuales accidentes por arbolados, contando con una unidad de extracción de árboles y una unidad de manejo de arbolado, de tal manera que, sean los encargados de acudir a llamados de emergencias en que arbolado, los que cumplen funciones como asistir a llamados de emergencias que incluyen

árboles (o secciones de estos) prontos a caer, además, de realizar mantención preventiva a zonas de arbolados.

#### **1.2.4. Departamento de medio ambiente**

En esta sección, se tiene como objetivo la protección del medio ambiente, evitando que las condiciones ambientales se modifiquen dentro de la comuna de manera negativa. Algunas de sus funciones incluyen velar por el cumplimiento de las normas, planes y programas que haya impartido el Ministerio de Salud, además de, ordenar, conforme a prioridades y con criterios epidemiológicos, las áreas con problemas en el ambiente (Ilustre Municipalidad de Talca, 2011).

Por otra parte, se elaboran y desarrollan programas de higiene y protección ambiental, coordinando con entidades privadas y organismos gubernamentales, aplicando, en lo que corresponda, las normas de la ley 19.300 sobre bases del medio ambiente. Cabe mencionar que estos programas incluyen el reciclaje, tratamiento de residuos peligrosos, control de zoonosis, esterilizaciones y atención canina (Ilustre Municipalidad de Talca, 2011).

Para finalizar, existen funciones que se realizan con el fin de no perjudicar al medio ambiente, tales como la participación en otros proyectos, generando respuestas, revisiones y seguimientos, sometiéndolos al sistema de evaluación de impacto ambiental (Ilustre Municipalidad de Talca, 2011).

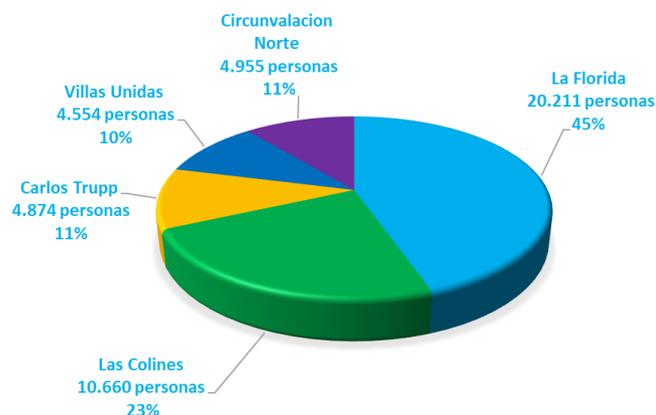
### **1.3. Tipos de proyectos del área**

Talca Recicla es una iniciativa que cuenta con proyectos que se centran en el aprovechamiento de residuos comunitarios, ya sean orgánicos e inorgánicos. En este apartado se presentan algunos de los proyectos relevantes de Talca Recicla que se encuentran en etapa de implementación o ejecución.

### 1.3.1. Proyecto de reciclaje

Este proyecto ha comenzado con el desarrollo y puesta en marcha de los denominados CMR's (Centro municipal de reciclaje), los cuales existen ocho implementados en la actualidad repartidos por distintos sectores de la ciudad de Talca (Florida, Las Colines, Faustino González, Avenida circunvalación norte y Villas unidad). Cabe mencionar que la participación ciudadana ha sido aceptable, llegando a un total de 45.254 personas asistentes a los centro de acopio entre los meses de Diciembre de 2019, Enero, Febrero y Marzo del año 2020 (Unidad de gestión ambiental, 2020), contando con la mayor participación el centro municipal ubicado en el sector de La Florida con un 45% de asistencia (observar Gráfico 2) Estos CMR's están implementados con el fin de lograr el reciclaje segregado desde origen de residuos PET, cartón, papel, aluminio y vidrio, los que son comercializados mediante empresas con las que se mantiene convenio, haciendo llegar los recursos obtenidos por esta comercialización al cuerpo de bomberos de Talca.

**Gráfico 2: Estadística de participación ciudadana en CMR's desde Diciembre – 2019 hasta marzo 2020**



Fuente: (Unidad de gestión ambiental, 2020)

Los residuos como el papel y vidrio son retirados directamente por las empresas recicladoras desde el CMR que se encuentre en su capacidad máxima, sin embargo, para el caso del papel, cartón y plásticos PET, la recolección es realizada por camiones  $\frac{3}{4}$  implementados para cumplir con sus respectivas funciones, los que son encargados de transportar los residuos de estos centros de reciclaje hasta el centro de acopio de residuos reciclables para realizar un proceso de selección antes de su despacho.

Actualmente se está implementando la etapa de recolección segregada domiciliaria, en donde se realiza una entrega de kit de contenedores de reciclaje (para tres residuos: cartón y/o papel, plástico PET y vidrio) a un total de 40.000 casas de la comuna cuyos residuos serán recolectados por los camiones  $\frac{3}{4}$  antes mencionados posterior a un cambio en la planificación de la ruta con paso por los sectores de recolección y destino al centro de acopio municipal.

Es de suma importancia para efectos del proyecto de mejoramiento que se desea realizar, especificar que la siguiente etapa del proyecto de reciclaje es cambiar la comercialización de los residuos por el desarrollo de un producto hecho a base de reciclables, de tal manera que se presenta una oportunidad de desarrollo de un producto.

### **1.3.2. Planta de compostaje**

El proyecto de planta de compostaje apunta a la valorización de residuos orgánicos de la comuna, específicamente en primera etapa se utilizarán los residuos obtenidos por las podas municipales y parque industrial, realizando un transporte de residuos a la planta de compostaje ubicada en el costado lateral del relleno sanitario municipal “El Retamo”.

Esta planta contará con cuatro procesos simultáneos de compostaje, los cuales son implementados con tecnología Gore Cover, controlando las distintas variables de la mezcla que se consideran para la obtención de un compost de calidad, como lo son la presión, temperatura y cantidad de oxígeno dentro del proceso.

Con el resultado de este proyecto se espera obtener el compost suficiente para la utilización de proyectos y mantención de áreas verdes de la comuna, además de realizar futuros convenios con municipalidades de otras comunas con fines comerciales.

## **1.4. Problemática**

En la actualidad, el centro de acopio de la municipalidad de Talca mantiene un proceso de selección de residuos que dan a parar en este lugar, entre los que se encuentran cartón, papel y libros, sin embargo, no se realiza un proceso de selección de plásticos, el cual provoca una disminución en el precio de comercialización de estos residuos, reemplazando el precio de venta

del convenio (\$55 por kilogramo de plástico seleccionado) y el precio de venta real (\$25 por kilogramo de plástico no seleccionado).

Para realizar una comparación de calidad, se ha utilizado la información entregada por la municipalidad de Talca que especifica la cantidad de kilogramos de plástico entrantes desde la fecha comienzo del proyecto Talca Recicla (primera semana de noviembre del año 2019) hasta la actualidad (mes de abril del año 2021) considerando un periodo en que no se ha realizado recolección por efectos de la pandemia (periodo que comprende desde el mes de abril del año 2020 hasta la tercer semana del mes de enero del año 2021).

En la Tabla 1 se puede observar la recolección mensual de plásticos y sus ingresos generados hasta la fecha, y en segundo lugar, en la columna llamada “Selección” se calcula la cantidad de plástico apto para ser comercializado luego de un eventual proceso de selección (considerando un 20,95% de desechos según el estudio realizado en el apartado 4.4.2) y sus respectivos ingresos obtenidos, teniendo en cuenta el precio de comercialización por plástico seleccionado (\$55 por kilogramo).

**Tabla 1: Resumen de ingresos mensuales de plástico y su comercialización**

<b>Año</b>	<b>Mes</b>	<b>Recolección (kg)</b>	<b>Ingresos reales (CLPS)</b>	<b>Selección (kg)</b>	<b>Ingresos esperados (CLPS)</b>
2019	Noviembre	2.639	\$65.987	2.086	\$114.757
2019	Diciembre	4.343	\$108.566	3.433	\$188.808
2020	Enero	6.201	\$155.025	4.902	\$269.604
2020	Febrero	5.993	\$149.813	4.737	\$260.540
2020	Marzo	6.682	\$167.039	5.282	\$290.498
2021	Enero	1.129	\$28.226	893	\$49.088
2021	Febrero	3.779	\$94.474	2.987	\$164.299
2021	Marzo	5.379	\$134.482	4.252	\$233.877
2021	Abril	3.107	\$77.667	2.456	\$135.071
<b>Total</b>		<b>39.251</b>	<b>\$981.278</b>	<b>31.028</b>	<b>\$1.706.541</b>

*Fuente: Elaboración propia en base a información entregada por Ilustre Municipalidad de Talca*

De esta manera, realizando una comparación entre el ingreso del proyecto obtenido a la fecha y el ingreso que se esperaba obtener, se puede mencionar que se ha tenido una pérdida de ganancias dl 73,9% aproximadamente, evaluado en CLP\$725.263.

## 1.5. Objetivo general

Evaluar la factibilidad del proyecto de valorización del plástico PET recopilado en el centro de acopio de la ciudad de Talca, mediante el desarrollo de diseño de una planta de producción de ladrillos ecológicos, para recomendar a la Corporación sobre la realización del proyecto y la posterior utilización del producto en proyectos municipales.

## 1.6. Objetivos específicos

Los objetivos específicos que han de considerarse en el proyecto son:

- Realizar un diagnóstico de la situación actual con el fin de detectar debilidades u oportunidades que permitan implementar la idea de proyecto.
- Diseñar la planta de fabricación del ladrillo ecológico en base a los resultados obtenidos desde el diagnóstico de la situación actual con el fin de elaborar una propuesta de inversión en base a un proyecto listo para implementar con cada uno de sus elementos ya definidos.
- Evaluar los impactos tecno-económicos, y ambientales para analizar la factibilidad de implementar la producción de ladrillos ecológicos en el centro de acopio de la municipalidad de Talca.

## 1.7. Resultados tangibles esperados

Para este trabajo se pretende diseñar un proyecto desde su inicio, con el fin de obtener como resultado final una evaluación tecno-económica del mismo, obteniendo un análisis de su rentabilidad en una futura implementación. Se realizará y propondrá una selección de los equipos a utilizar en la producción de los ladrillos ecológicos, cada uno de realizando para ellos una descripción técnica, para posteriormente obtener la estandarización del proceso de producción mediante un *flowsheet* y el dimensionado de equipos caracterizado por un *layout* de la planta. Además, se desarrolla una evaluación de impactos ambientales, para medir la viabilidad y contribución del proyecto en el aspecto mencionado

# **CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO Y METODOLOGÍA**

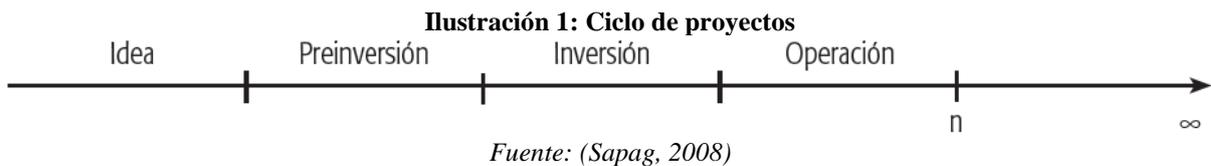
*En el siguiente capítulo se presenta el marco teórico existente para abordar la problemática planteada. Además, se establece la metodología aplicada para el desarrollo del proyecto.*

## 2.1. Marco teórico

En este apartado se presentan las herramientas y elementos teóricos considerados como necesarios para el desarrollo de la metodología a plantear para el respectivo desarrollo del proyecto.

### 2.1.1. Estudio del proyecto como proceso cíclico

El proceso de estudio de un proyecto comprende cuatro grandes etapas que llevan a su desarrollo final: idea, pre-inversión, inversión y operación (observar Ilustración 1).



- **Idea:** comienza por la identificación de un problema u oportunidad que puede resolverse o aprovechar respectivamente, de esta manera, las posibles soluciones a estos problemas serán las que constituyan las ideas del proyecto.
- **Preinversión:** en esta etapa se realiza una investigación sobre información a definir para el proyecto, entre las cuales se contempla variables del mercado, capacidad financiera de inversionistas, variadas alternativas técnicas para los procesos, entre otras. De esta manera, se estiman los costos de operación, ingresos que generará el proyecto e inversiones probables (Sapag, 2008).

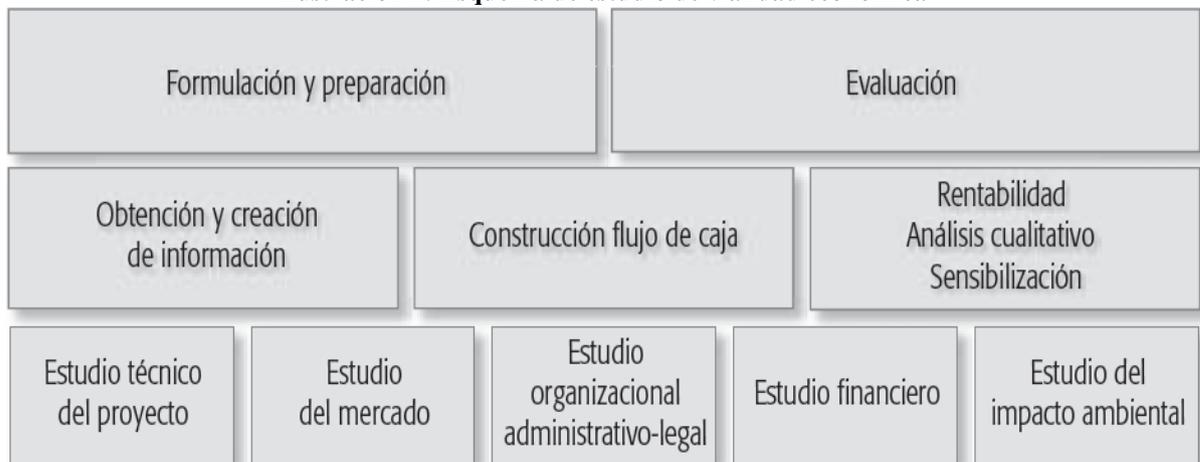
La etapa de preinversión cuenta con tres estudios de viabilidad, de los cuales el primero es el perfil, que consta de elaborar (mediante información obtenida y un juicio común) decisiones sobre realizar o no el proyecto, buscando razones que acrediten la no factibilidad del proyecto sin necesidad de cálculos de rentabilidad.

El segundo estudio de esta etapa es la “prefactibilidad”, el cual se relaciona con la investigación de información de fuentes secundarias, considerando variables principales del mercado, capacidad de financiamiento de los inversionistas, variadas alternativas de técnicas de producción, entre otros. Este estudio es utilizado para

descartar soluciones con mayor fundamento, profundizando en los aspectos críticos señalados en el primer estudio (perfil). Los resultados obtenidos de la prefactibilidad se puede obtener una recomendación de aprobar y continuar con la solución planteada, abandonar, o postergar hasta que se cumplan los requerimientos deseados para su aprobación.

El último estudio que se realiza es el de “factibilidad”, el cual se elabora mediante la obtención de antecedentes precisos, resaltando la información cuantitativa por sobre la cualitativa. Se realizan cálculos con el fin de optimizar cada uno de los aspectos que influyen en el ámbito económico del proyecto para finalmente obtener indicadores que proporcionen información económica sobre la rentabilidad de este. El estudio de factibilidad puede ser resumido en el esquema observado en la Ilustración 2.

**Ilustración 2: Esquema de estudio de viabilidad económica**



*Fuente: (Sapag, 2008)*

- **Inversión:** se realiza la puesta en marcha del proyecto y comienza su ejecución.
- **Operación:** esta etapa se realiza una vez ejecutándose el proyecto, donde se realiza el proceso esperado (operación de planta y sus respectivos mantenimientos), además, se desarrollan evaluaciones en paralelo para verificar el funcionamiento general del proyecto.

### **2.1.2. Evaluación técnica**

*“En el análisis de viabilidad financiera de un proyecto, el estudio técnico tiene por objeto proveer información para cuantificar el monto de las inversiones y de los costos de operación pertinentes a esta área”* (Sapag, 2008). La evaluación técnica es utilizada para realizar una elección en los diversos procesos productivos, aplicándose la selección entre varias alternativas según la factibilidad técnica, ya sea cumpliendo con requerimientos básicos del proceso y/u optimizando este.

Dicho lo anterior, en primera instancia se define el tamaño del proyecto (demanda que tendrá) para posteriormente determinar la inversión y costos que este implica. Luego se desarrolla un análisis de las características y especificaciones que requiere cada maquinaria y mano de obra para el proceso de producción, a lo que se agrega una descripción del proceso productivo para definir las materias primas y/o insumos que actúan en el proyecto. Todo lo mencionado es con fines de obtener los costos que implica la producción.

Por último, se define la localización en que se ejecutará la acción, teniendo en consideración la compatibilidad con el tamaño y otros factores, obteniendo información sobre la inversión necesaria para infraestructura.

### **2.1.3. Norma Chilena 181 – 2006 (NCh 181)**

La norma chilena 181 de bloques de hormigón para uso estructural establece los requisitos que debe cumplir los bloques de hormigón para uso estructural, clasificándolos por peso en función a la densidad del hormigón, y definiendo tres tipos de bloques de hormigón: de peso normal, de peso mediano y de peso liviano (INN, 2006).

*“Esta norma se aplica a los bloques de hormigón fabricados con cemento, agua, y agregados minerales, con o sin la inclusión de otros materiales. Los bloques pueden ser de paredes lisas o con textura, con o sin tratamiento de impermeabilización, destinados a emplearse en construcción”* (INN, 2006).

De esta manera, los bloques deben cumplir con los requisitos físicos establecidos en la Tabla 2, considerando que, en el momento de la entrega del producto, la retracción lineal por secado de los bloques no debe exceder de 0,065%, como promedio, valor determinado según método de ensayo de NCh182 (INN, 2006).

**Tabla 2: Requisitos de resistencia, absorción y clasificación por peso de bloques de hormigón**

Clasificación por peso	Densidad del hormigón secado al horno kg/m <sup>3</sup>	Máxima absorción de agua kg/m <sup>3</sup>		Resistencia mínima a la compresión MPa <sup>a)</sup>	
	Promedio de tres bloques	Promedio de tres bloques	Bloques individuales	Promedio de tres bloques	Bloque individual
Liviano	≤ 1 680	288	320	13	12
Mediano	Desde 1 680 a ≤ 2 000	240	272	13	12
Normal	2 000 o mayor	208	240	13	12

a) Medida sobre área neta, área que se determina según el método de ensayo de NCh182.

Fuente: (INN, 2006)

#### 2.1.4. Análisis de la relación de actividades

El uso de esta herramienta posibilita el diseño de las instalaciones físicas de la planta, cuyas técnicas ayudan a establecer una ubicación óptima para cada actividad. Existen tres técnicas que se desarrollan con el fin de cumplir el objetivo, las cuales son mencionadas a continuación.

- **Diagrama de la relación de actividades:** “muestra las relaciones de cada departamento, oficina o área de servicios, con cualquier otro departamento y área” (Meyers & Stephens, 2006). Este diagrama busca responder la pregunta ¿Qué tan importante es para el departamento, oficina o instalación de servicios, estar cerca de otro?, pregunta la cual se responde mediante códigos predeterminados los cuales tienen su propia definición (observar Ilustración 3).

Cabe mencionar que el código “A” debe ser limitado a grandes flujos de movimientos de material o personas entre departamentos, considerando que son escasas las relaciones que se encuentran con código “A”, en caso de una duda, se debe utilizar código “E” el cual es determinado cuando existen grandes flujos de movimientos de material o personas entre departamentos, pero no se realizan todos al mismo tiempo.

Los códigos siguientes “I” y “O” son determinados cuando existe importancia entre departamentos, pero no es tan útil tenerlos cerca a diferencia de otros. Para terminar, el código “U” cumple una función importante en su definición debido que demuestra que no existe ninguna importancia entre departamentos, por lo que no afecta su distancia y el código “X” cumple la función opuesta al código “A”, ya que este código define cuando los departamentos no pueden estar por ningún motivo cerca entre ellos.

**Ilustración 3: Definición de códigos del diagrama de relación de actividades**

<i>Código</i>	<i>Definición</i>
A	Absolutamente necesario que estos dos departamentos estén uno junto al otro
E	Especialmente importante
I	Importante
O	Ordinariamente importante
U	Sin importancia
X	No deseable

*Fuente: (Meyers & Stephens, 2006)*

Por lo general, se tiende a sobreestimar algunas relaciones de departamentos, por lo cual se define mediante un enfoque del análisis de Pareto que los códigos no deben sobrepasar un porcentaje del total de relaciones del diagrama. Los límites de porcentaje son para el código “A” no más de un 5%, “B” no más de un 10%, “I” no más de un 15% y “O” no más de un 25%, el resto de las relaciones se entienden por un código “U” a excepción que se considere necesario asignar un código “X”. El cálculo del total de relaciones está definido por la Ecuación 1, donde,  $N$  es el total de relaciones del diagrama y  $n$  es igual al número de departamentos o centros de trabajo.

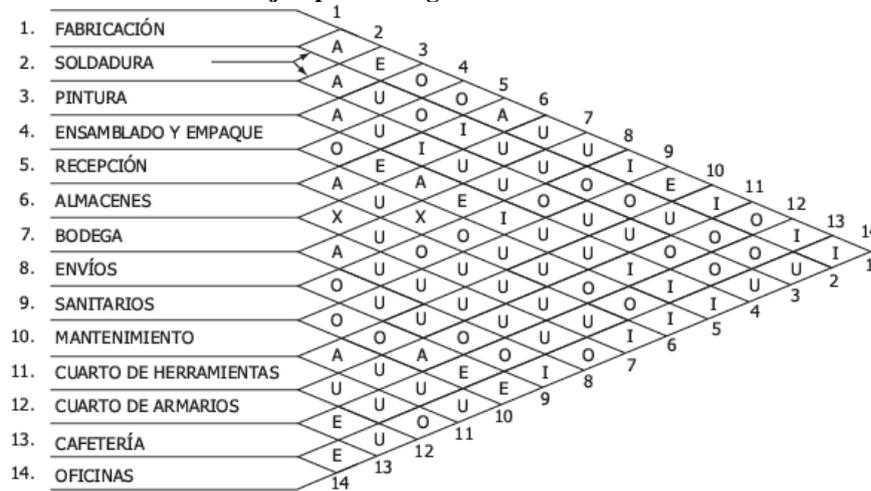
**Ecuación 1: Total de códigos de relación**

$$N = \frac{n(n - 1)}{2}$$

*Fuente: (Meyers & Stephens, 2006)*

Conociendo la finalidad de cada código, se puede realizar el diagrama de relación de actividades en el cual se enlazan las relaciones entre departamentos formando un rombo con su respectivo código (visualizar Ilustración 4).

**Ilustración 4: Ejemplo de diagrama de relación de actividades**



Fuente: (Meyers & Stephens, 2006)

- Hoja de trabajo:** “La hoja de trabajo reemplazará al diagrama de relación de actividades. También interpreta éste y obtiene los datos básicos para elaborar el diagrama adimensional de bloques” (Meyers & Stephens, 2006). Puede ser definida como una tabla de resumen, la cual se forma con los departamentos en la sección filas y los códigos en la sección columnas, numerando los departamentos para luego ubicar los números de cada actividad correspondiente en sus respectivos códigos asignados (ver Ilustración 5).

**Ilustración 5: Ejemplo de Hoja de trabajo de relación de actividades**

Actividades	A	E	I	O	U	X
1. Fabricación	2, 6	3, 10	9, 11, 13, 14	4, 5, 12	7, 8	
2. Soldadura	1, 3		6	9, 10, 12, 13, 5	7, 8, 4, 11, 14	
3. Pintura	2, 4	1	6	12, 13, 9	5, 7, 8, 10, 11, 14	
4. Ensamblado y empaque	3, 7	6, 8	9, 12, 13, 14	1, 5	2, 10, 11	
5. Recepción	6		14	4, 2, 1, 9, 12, 13	3, 7, 10, 11	8
6. Almacenes	5, 1	4	3, 2, 14	9	8, 10, 11, 12, 13	7
7. Bodega	4, 8			14	5, 3, 2, 1, 9, 10, 11, 12, 13	6
8. Envíos	7	4	14	9, 12, 13	6, 3, 2, 1, 10, 11	5
9. Sanitarios	12	13, 14	4, 1	8, 6, 5, 11, 3, 2, 10	7	
10. Mantenimiento	11	1		9, 2	8, 7, 6, 5, 4, 3, 12, 13, 14	
11. Cuarto de herramientas	10		1	9, 14	8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 12, 13	
12. Cuarto de armarios	9	13	4	8, 5, 3, 2, I	11, 10, 7, 6, 14	
13. Cafetería		14, 12, 9	4, 1	8, 5, 3, 2	10, 11, 7, 6	
14. Oficina		13, 9	8, 6, 5, 4, 1	11, 7	12, 10, 2, 3	

Fuente: (Meyers & Stephens, 2006)

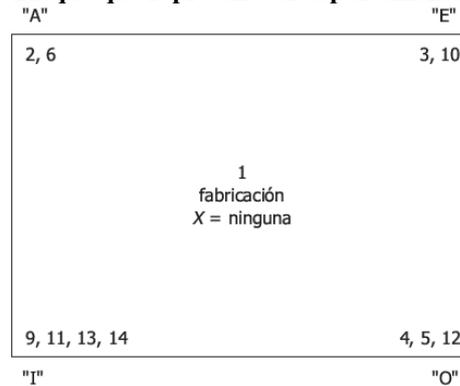
- Diagrama adimensional de bloques:** “es el primer intento de distribución y resultado de la gráfica de relación de actividades y la hoja de trabajo. Aun cuando esta distribución es adimensional, será la base para hacer la distribución maestra y el dibujo

del plan” (Meyers & Stephens, 2006). En este diagrama se desarrollan los bloques siguiendo el orden numérico de los departamentos en la hoja de trabajo, ubicando los números de departamentos relacionados al bloque (departamento) en el siguiente orden: esquina superior izquierda departamentos con relación “A”, esquina superior derecha departamentos con relación “E”, esquina inferior derecha departamentos con relación “O”, esquina inferior izquierda departamentos con relación “I” y por último, bajo el nombre del departamento del bloque se ubicarán los departamentos con relación “X” (para un mejor entendimiento se puede observar la Ilustración 6).

De esta manera, se obtiene una visualización más clara de cada departamento, donde el siguiente paso es ubicar los bloques según la relación que tienen los departamentos, priorizando aquellos que mantengan una relación “A” los cuales deben quedar adyacentes y aquellos con relación “X” deben ubicarse a la mayor distancia posible. Este diagrama busca situar cada departamento en la posición óptima dentro de la planta.

Un ejemplo del diagrama adimensional de bloques puede ser observado en el Anexo 8.

**Ilustración 6: Bloque que representa el departamento de fabricación**



Fuente: (Meyers & Stephens, 2006)

### 2.1.5. Flujo de caja

*“La proyección del flujo de caja constituye uno de los elementos más importantes del estudio de un proyecto, ya que una evaluación del mismo se efectuará sobre los resultados que se*

determinen en ella.” (Sapag, 2008). El flujo de caja que se desarrolla difiere según la situación en la que se encuentra el proyecto que se evalúa.

- **Elementos:** cualquier tipo de flujo de caja se compone por cuatro elementos, los que son los egresos iniciales de fondos, ingresos y egresos de operación, momentos en que ocurren estos ingresos y egresos, y, por último, el valor de desecho o salvamento del proyecto.

En primer lugar, los egresos iniciales son la suma de inversión inicial requerida para una eventual puesta en marcha del proyecto, además de sumar el capital de trabajo debido que, a pesar de no ser desembolsado, este debe estar disponible para ser utilizado en etapas del proyecto, es importante mencionar que en el caso de calcular el valor de desecho por el método económico, el capital de trabajo no puede ser recuperado en el flujo de caja debido a que el método representa que el proyecto sigue en funcionamiento. Los ingresos y egresos de operación son conocidos como los flujos de entrada y salida provenientes de la caja, en otras palabras, las ganancias y costos operacionales. Los momentos del proyecto se definen como los periodos por los que está siendo proyectado este, siendo el periodo cero, el momento previo a la puesta en marcha del proyecto, donde se realizan las inversiones iniciales.

El impuesto a las utilidades es considerado como un egreso que no debe ser obtenido por información de otros estudios, a diferencia de los costos que componen el flujo de caja que son analizados del estudio de mercado, técnico u organizacional. Estos gastos son conformados por depreciación, amortización y valor libro.

- **Estructura de un flujo de caja:** *“la construcción de los flujos de caja puede basarse en una estructura general que se aplica a cualquier finalidad del estudio de proyectos”* (Sapag, 2008). La estructura del flujo de caja con sus respectivas definiciones puede ser observada en la Tabla 3.

**Tabla 3: Estructura del flujo de caja**

Ítem	Definición
+ Ingresos afectos a impuestos	Ingresos que disminuyen la utilidad contable de la empresa
- Egresos afectos a impuestos	Egresos que disminuyen la utilidad contable de la empresa
- Gastos no desembolsables	Gastos que para fines de tributación son deducibles, pero no efectúan salidas de caja
=	Utilidad antes de impuesto
- Impuesto	Descuento del impuesto a la renta
=	Utilidad después de impuesto
+ Ajustes por gastos no desembolsables	Contabilizar gastos incluidos para efectos tributarios
- Egresos no afectos a impuestos	Inversiones (no cambian la riqueza contable de la empresa)
+ Beneficios no afectos a impuestos	Valor de desecho y recuperación del capital de trabajo
=	Flujo de caja

Fuente: Elaboración propia en base a (Sapag, 2008)

### 2.1.6. Indicadores de rentabilidad

Existen diferentes indicadores de rentabilidad que pueden entregar información relevante y ayudar a la toma de decisiones en lo que respecta a la factibilidad económica de un proyecto. En este apartado se definen los indicadores relevantes para un óptimo resultado esperado, con sus respectivas ecuaciones de cálculo teniendo en consideración la nomenclatura que se puede observar en la Tabla 4.

**Tabla 4: Nomenclatura de cálculo para VAN**

Nomenclatura	Descripción
$VAN$	Valor actual neto
$Y_t$	Flujo de ingresos del proyecto en el periodo t
$E_t$	Flujo de egresos del proyecto en el periodo t
$I_0$	Inversión inicial
$BN_t$	Beneficio neto del flujo en el periodo t
$i$	Tasa de descuento
$r$	Tasa interna de retorno (TIR)

Fuente: Elaboración propia en base a (Sapag, 2008)

- **Valor actual neto (VAN):** “El VAN es la diferencia entre todos sus ingresos y egresos expresados en moneda actual” (Sapag, 2008). Es de suma importancia para un proyecto

factible económicamente que el resultado de este indicador sea superior o al menos igual a cero. La forma de calcular este indicador se presenta en la Ecuación 2 y Ecuación 3.

**Ecuación 2: Cálculo del VAN**

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{Y_t - E_t}{(1+i)^t} - I_0$$

Fuente: (Sapag, 2008)

**Ecuación 3: Cálculo simplificado del VAN**

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{BN_t}{(1+i)^t} - I_0$$

Fuente: (Sapag, 2008)

- **Tasa interna de retorno (TIR):** “*evalúa el proyecto en función de una única tasa de rendimiento por periodo, con la cual la totalidad de los beneficios actualizados son exactamente iguales a los desembolsos expresados en moneda actual*” (Sapag, 2008). Este indicador representa la máxima tasa de interés que se podría pagar (manteniendo la factibilidad económica del proyecto) en un caso eventual de obtener todos los fondos para el financiamiento a través de un préstamo, siendo este pagado con los ingresos de producción en efectivo. La manera de calcular la TIR puede ser visualizada en la Ecuación 4 y Ecuación 5, en las que se puede observar que este indicador corresponde a la tasa de interés en que el VAN se hace cero.

Cabe mencionar que, para que el proyecto sea aceptado la TIR debe ser mayor o igual a la tasa de descuento de la empresa, correspondiendo en segundo caso a un valor de VAN igual a cero.

**Ecuación 4: Cálculo de la TIR**

$$\sum_{t=1}^n \frac{Y_t - E_t}{(1+r)^t} - I_0 = 0$$

Fuente: (Sapag, 2008)

**Ecuación 5: Cálculo simplificado de la TIR**

$$\sum_{t=1}^n \frac{BN_t}{(1+r)^t} - I_0 = 0$$

Fuente: (Sapag, 2008)

- **Periodo de recuperación de la inversión (PRI):** *“mediante el cual se determina el número de periodos necesarios para recuperar la inversión inicial”* (Sapag, 2008). Este indicador es comparado directamente con el número de periodos de recuperación de la inversión aceptable por la empresa. Es de suma importancia conocer que este indicador no mide el valor dinero en el tiempo ni tiene en consideración las posibles ganancias al futuro.
- **Tasa de rendimiento mínima aceptable (TREMA):** *“se define como la tasa que representa una ponderación de rentabilidad, la medida mínima que se exigirá alcanzar para realizar una inversión en determinado proyecto, de tal modo que permita recuperar la totalidad de la inversión inicial”* (Riquelme, 2018). La manera en que es calculado este indicador financiero es considerando un índice de inflación sumado a una prima de riesgo, la cual se define como el crecimiento que se espera obtener de la inversión por sobre la inflación.

En conclusión, se puede mencionar que, mientras mayor sea la TREMA, la empresa espera mejores resultados del proyecto.

### 2.1.7. Tipos de plásticos

En la actualidad, se presenta la clasificación de seis tipos de plásticos los cuales son comúnmente consumidos en el mundo, siendo diferenciados por sus símbolos, elaborado por SPI con el fin de tener un sistema de clasificación coherente para el reciclado de los plásticos y facilitar un modo de identificación del contenido de resina que tiene cada plástico (Arístegui Maquinaria, 2016). Entre esta clasificación de pueden diferenciar los siguientes tipos de plástico.

- **Polietilen Tereftalato (PET):** sus usos comunes son envases de bebidas, refrescos y aguas, también pueden ser encontrados en envases para alimentos. Este plástico tiene propiedades de contacto alimentario, resistencia física, propiedades térmicas, ligereza y resistencia química (Arístegui Maquinaria, 2016).
- **Polietileno de alta densidad (HDPE):** sus usos comunes son bolsas para supermercado, bolsas para congelar, envases para leche, helados, jugos, shampoo,

químicos y detergentes. Algunas de sus propiedades son ser poco flexible, resistente a químicos, opaco, fácil de pigmentar, fabricar y manejar, además, este se suaviza a los 75°C (Arístegui Maquinaria, 2016).

- **Policloruro de vinilo (PVC):** sus usos comunes son envases para plomería, tuberías, “blíster packs”, envases en general, mangueras, suelas para zapatos, cables y correas para reloj. Algunas de sus propiedades son tener gran dureza y resistencia, puede ser claro, puede ser utilizado con solventes, flexible y elástico, además, este se suaviza a los 80°C (Arístegui Maquinaria, 2016).
- **Polietileno de baja densidad (LDPE):** sus usos comunes son como película para empaque, bolsas para basura y envases para laboratorio. Algunas de sus propiedades son ser suave, flexible y translucido, además, este se suaviza a los 70°C (Arístegui Maquinaria, 2016).
- **Polipropileno (PP):** sus usos comunes son bolsas para frituras, popotes, equipo para jardinería, cajas para alimentos, cintas para empacar, envases para uso veterinario y farmacéutico. Algunas de sus propiedades son ser difícil pero aún flexible, translucido, soportar solventes y versátil, además, este se suaviza a los 140°C (Arístegui Maquinaria, 2016).
- **Poliestireno (PS):** sus usos comunes son cajas para discos compactos, cubiertos de plástico, imitaciones de cristal, juguetes y envases cosméticos. Algunas de sus propiedades son ser claro, rígido, opaco, se rompe con facilidad, se ve afectado por grasas y solventes, además, este se suaviza a los 95°C (Arístegui Maquinaria, 2016).
- **Poliestireno expandido (PS-E):** sus usos comunes son tazas para bebida caliente, charolas de comida para llevar, envases de hielo seco y empaques para proteger mercancía frágil. Algunas de sus propiedades son ser esponjoso, ligero, absorber energía y mantener temperaturas (Arístegui Maquinaria, 2016).
- **Otros (SAN, ABS, PC, Nylon):** sus usos comunes son partes de automóvil, hieleras, electrónicos y piezas para empaques. Algunas de sus propiedades es que incluye muchas otras resinas y materiales, dependiendo sus propiedades de la combinación de los plásticos (Arístegui Maquinaria, 2016).

## 2.2. Metodología de solución y programación de actividades

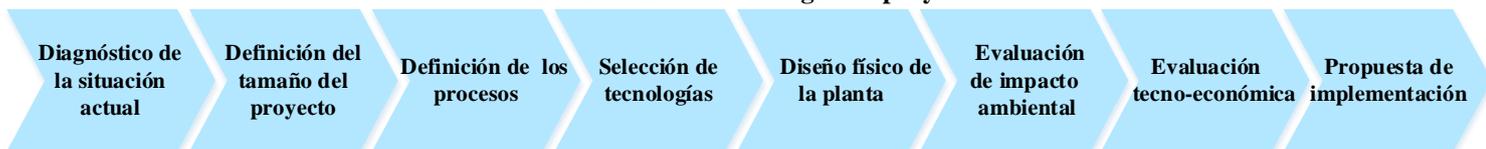
En este apartado se define los pasos a seguir para desarrollar el proyecto de mejoramiento planteado, cuya metodología está basada en la evaluación de estudios de inversión, además, se desarrolla una estructura desagregada en el tiempo para resumir los plazos de realización de cada tarea.

### 2.2.1. Metodología

La metodología que se desarrollará se puede observar en la Ilustración 7, en donde en primer lugar se realiza un diagnóstico sobre la situación actual del proyecto, adjuntando información relevante a considerar para luego definir el tamaño del proyecto mediante la oferta y demanda actual y proyectada en los años de evaluación. Una vez realizadas las etapas mencionadas, se procede a diseñar los procesos (para ser estandarizados), seleccionar las tecnologías que serán utilizadas y sus respectivas especificaciones las cuales deberán cumplir con los requerimientos básicos de capacidad del proyecto, y realizar el diseño físico de la planta, definiendo las áreas de trabajo y el posicionamiento de estas dentro de la planta al igual que el posicionamiento de los activos seleccionados anteriormente.

Para finalizar, se desarrolla la evaluación de cinco impactos considerados como relevantes, entre los que se encuentran el impacto tecno-económico, organizacional, legal, social y ambiental. Seguida a la evaluación de impactos, se desarrolla una evaluación económica con sus respectivos análisis sobre indicadores y sensibilidad a posibles variaciones, de esta manera, se culmina con una propuesta final del proyecto en donde se desarrolla la idea de inversión, con un resumen de los resultados relevantes en la toma de decisiones (indicadores de rentabilidad).

Ilustración 7: Metodología del proyecto



Fuente: Elaboración propia

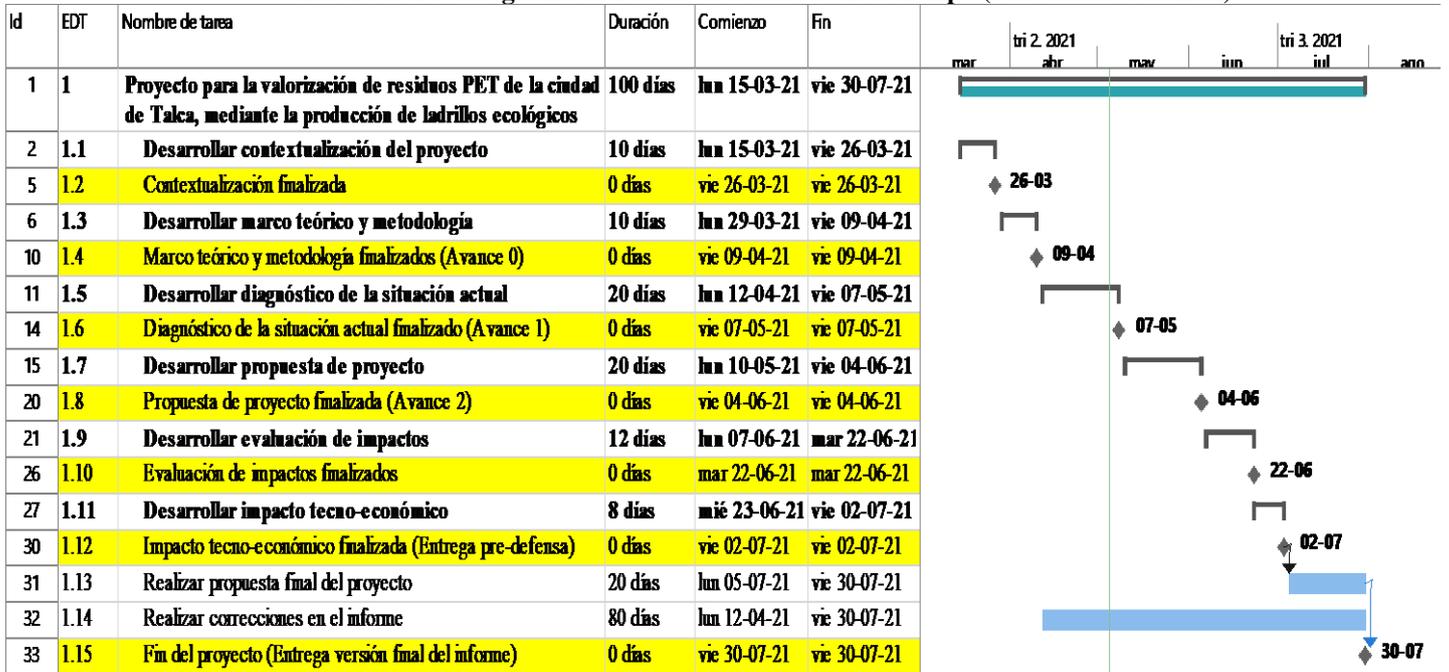
### **2.2.2. Programación de actividades**

La programación de actividades tiene como objetivo fijo plazos temporales para el cumplimiento de objetivos en relación con el desarrollo del proyecto redactado. Esta programación cuenta con siete hitos de los cuales cinco de ellos han sido propuesto por la escuela de ingeniería civil industrial de la Universidad de Talca que se enfocan en “Avance 0”, “Avance 1”, “Avance 2”, “Entrega de pre-defensa” y “Entrega de versión final del informe”, siendo este último el hito que se le asigna al final del proyecto el día viernes 30 de julio del año 2021.

De esta manera, se define un periodo de 100 días en que el proyecto será desarrollado en cada una de las etapas mencionadas en la metodología a seguir, considerando un trabajo en días hábiles de la semana (lunes a viernes), comenzando con el desarrollo el día lunes 15 de marzo del año 2021.

En la Ilustración 8 puede ser observada la programación de actividades mencionada con anterioridad descrita por una estructura desagregada de trabajos en el tiempo (EDT), visualizando sus actividades resumen e hitos antes mencionados para su mayor comprensión, además, en el Anexo 9 puede ser observada esta misma estructura con cada una de las actividades elementales a desarrollar y sus plazos de duración específicos.

Ilustración 8: Programación de las actividades en el tiempo (actividades resumen)



Fuente: Elaboración propia

# **CAPÍTULO 3: DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL**

*En el presente capítulo se analiza información relevante para el desarrollo del proyecto, definiendo en qué posición se encuentra el proyecto “Talca Recicla”, la oferta actual de material reciclable y una propuesta para la fabricación de ladrillos ecológicos.*

### **3.1. Proyecto “Talca Recicla”**

El proyecto “Talca Recicla” es un programa a nivel nacional que pretende reciclar y gestionar a futuro los residuos generados por las casi 80.000 casas que forman parte de la comuna, entregando la oportunidad a los ciudadanos de favorecer las condiciones ambientales de la ciudad, reduciendo los microbasurales y aportando a un planeta libre de residuos (Ilustre Municipalidad de Talca, 2019).

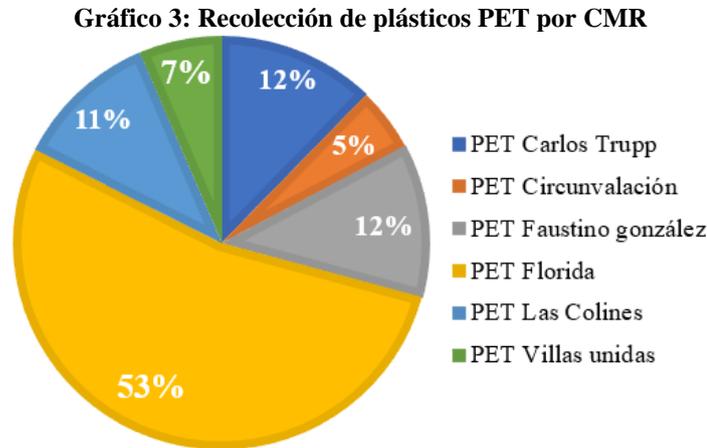
Entre los beneficios generados por la implementación de “Talca Recicla” se encuentra en primer lugar el dotar a la comuna de Talca de infraestructura necesaria para poder generar la oferta municipal para la recolección de residuos reciclables, permitiendo gestionar dichos residuos y proyectar la recuperación de éstos para satisfacer mayores volúmenes al largo plazo (Garrido, 2020). Además, la implementación del proyecto arrastra con él una lista de beneficios obtenidos, como lo son, el lograr liberar capacidad del relleno sanitario y con ello disminuir costos por disposición en éste, y recuperar y valorizar los residuos reciclables, cuyos recursos obtenidos son dirigidos en donación a la compañía de bomberos de Talca (Garrido, 2020).

#### **3.1.1. Centros de Reciclaje Municipal (CMR)**

El CMR es un área de servicios abierta a la comunidad, donde los ciudadanos pueden desechar cachureos (como muebles, colchones, artículos eléctricos, entre otros) y escombros (restos de construcción), sin embargo, estos centros mantienen un área de educación y cuidado ambiental, orientado al reciclaje de papeles y cartones, envases y botellas de vidrio, latas de aluminio y envases y botellas de plástico (Ilustre Municipalidad de Talca, 2019).

En la actualidad existen seis CMR en funcionamiento, ubicados en distintas zonas de la comuna de Talca, sin embargo, cada uno tiene su propio nivel de recolección, debido que esta depende únicamente de la participación ciudadana, llevándose la mayor parte de recolección el sector de “La Florida” con un 53% de recolección en comparación al total recolectado a la fecha desde el regreso de recolección post-pandemia (última semana de enero 2021) lo que equivale a 7.033 kilogramos de plástico PET recolectado sólo en un CMR.

En el Gráfico 3 se puede observar la situación por cada CMR instalado en base a los datos obtenidos desde el último periodo de recolección comprendido desde la cuarta semana del mes de enero del 2021 hasta datos brindados en la tercera semana de abril del mismo año (observar Anexo 10).



*Fuente: Elaboración propia en base a información entregada por Ilustre Municipalidad de Talca*

De esta manera se puede determinar una falta de educación ambiental en sectores, haciendo uso de los programas de educación ambiental destinados al proyecto “Talca Recicla” aportando a la recolección de sectores que presentan un bajo volumen de residuos recopilados.

## 3.2. Oferta del plástico PET

En el presente apartado se describe la situación en la que se encuentra el reciclaje en la actualidad, mencionando cifras e información de relevancia a tener en consideración para la oferta del plástico PET.

### 3.2.1. Reciclaje del plástico PET en el mundo

El mundo en la actualidad produce un total de 300 millones de toneladas de plástico por año, del cual, sólo es reciclado el 14% de estos, considerando que, si se observa desde un punto de vista histórico, se puede mencionar que el 9% de los residuos plásticos producidos desde el comienzo de su producción en el planeta hasta la fecha ha sido reciclado (Residuos profesional, 2019).

Datos relevantes obtenidos dan cuenta que, entre las zonas con mayor influencia en la materia del plástico en el mundo, se puede mencionar que Europa mantiene un porcentaje de del 30% de reciclaje de plásticos consumidos, China un 25% y Estados Unidos sólo un 9%, datos preocupantes de este último país mencionado, considerando que es uno de los países que más consumen de este material en el planeta (National Geographic, 2020).

### **3.2.2. Reciclaje del plástico PET en Chile**

Para comenzar y adentrarse en el reciclaje de Chile, es importante mencionar que en el país se producen alrededor de 1,26 kilogramos de residuos por persona al día, siendo el mayor generador de basura de Sudamérica. Además, Chile es el segundo país con menor cantidad de reciclaje entre los países miembros de la OCDE (Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico) según datos entregados por el Ministerio de Medio Ambiente (CodexVerde, 2020).

Chile mantiene en la actualidad un consumo de plástico cercano a las 913.000 toneladas por año, considerando de esta manera, un consumo per cápita de este material de aproximadamente 51 kilogramos por año (Riveros, 2016). Se debe considerar que no todo el plástico puede ser reutilizado, más bien, algunos tipos tienen una mayor facilidad de reciclaje, como lo es el plástico PET, el cual representa un 11,1% de los plásticos consumidos en el país, sin embargo, a pesar de ser el material más fácil de reciclar, sólo el 11% de los consumidos llegan a ser reutilizados (13.175 toneladas por año). Esto se debe a que sólo el 17% de los chilenos recicla, otorgando a un 40% restante de los chilenos que indican que no recicla porque no existen sistemas de reciclaje en cercanías y un 29% que indica no saber cómo reciclar (Riveros, 2016).

Según las cifra de la ENMA (Encuesta Nacional de Medio Ambiente), en el año 2018 el 50% de las personas declara que separa su basura para posteriormente reciclarla, sin embargo en el año 2017, cifras oficiales del MMA (Ministerio de Medio Ambiente) indican que sólo el 1,8% del total nacional separa sus residuos para algún tipo de reciclaje, lo cual puede traducirse en distintos factores que crean una gran diferencia entre ambas cifras mencionadas: lo que declara reciclar la gente y lo que es realmente reciclado (CIPER, 2021).

Pueden ser mencionados cinco puntos en los cuales fundamentar esta gran distancia entre cifras. Fundamentos desarrollados por (CIPER, 2021).

- La gente declara lo que es políticamente correcto en las encuestas, sin implicar que realmente se esté realizando una separación de residuos en sus domicilios.
- Las personas realmente separan sus residuos, sin embargo, esta separación es una parte pequeña del total de basura que generan en sus hogares.
- Las personas separan sus residuos de manera correcta, sin embargo, no existen servicios implementados por parte de los municipios sobre sistemas de reciclaje de calidad. Para este punto se debe considerar que, de los 345 municipios del país, el 55% cuenta con un servicio de reciclaje, considerando aquellos que disponen de una pequeña cantidad de contenedores de residuos hasta aquellos que han implementado sistemas de recolección domiciliaria.
- Los residuos son entregados para reciclar a empresas privadas que se dedican a valorizar estos residuos, considerando que a estos servicios privados se apoyan aproximadamente el 5% de los hogares encuestados según la EPDUS (Encuesta de Percepciones del Desarrollo Urbano Sustentable).
- Los residuos son recibidos por las empresas de *retail* las cuales cada vez cuenta con una mayor implementación de recolección de residuos, muchas de estas viendo una oportunidad de la recolección y arreglo de materiales, además de la implementación de la ley N°20.920, o ley REP (Responsabilidad Extendida del Productor y de Fomento al Reciclaje) la que responsabiliza a los productores a financiar una correcta gestión de los residuos que generan sus productos.

Entre los productos que define la ley REP como prioritarios y por lo tanto están sujetos a una recolección y valorización se encuentran los aparatos eléctricos y electrónicos, pilas, envases y embalajes, diarios y revistas, neumáticos, baterías y, por último, aceites y lubricantes (Ley REP, 2021).

### 3.2.3. Plástico PET recaudado en el centro de acopio de la municipalidad de Talca

La municipalidad de Talca recauda este tipo de residuos desde la puesta en marcha del proyecto Talca Recicla, aproximadamente desde el mes de noviembre del año 2019, sin embargo, por efectos de la pandemia que ha afectado al país, la recaudación de plásticos PET fue realizada por un total de cinco meses continuos, siendo la última recepción en el centro de acopio durante la tercera semana del mes de marzo del año 2020. Conforme a lo anterior, cabe mencionar que el año 2021 ha vuelto a implementar la recolección de residuos PET desde el mes de enero, presentándose dos periodos de recolección que serán comparados entre ellos para tomar una decisión acerca de la proyección en el tiempo del total de residuos recibidos en el centro de acopio de residuos reciclables. De esta manera, se asigna el periodo normal como aquel periodo entre el mes de noviembre del año 2019 y marzo del año 2020, asignando el segundo periodo como periodo en pandemia aquel que se encuentra entre los meses de enero y abril del año 2021.

Para el periodo normal, se tiene un total de 20 semanas en que se ha recolectado plástico PET de todos los tipos desde el día 2 de noviembre del 2019 hasta el día 21 de marzo del 2020, en las cuales se puede observar un crecimiento en la recolección a través del tiempo (observar Gráfico 4) llegando a un *peak* en la semana número 19 con un total de 1.762 kilogramos recolectados en el centro de acopio.

El Gráfico 4 obtenido desde datos presentados en el Anexo 11, demuestra la curva de crecimiento que ha presentado la recolección de PET desde la puesta en marcha de Talca Recicla hasta la fecha en que se tuvo que cortar el proceso de recolección por pandemia, además, cabe mencionar que se han trazado líneas de tendencia lineal y logarítmicas con el fin de encontrar la que mejor se adapte a los datos y así obtener una proyección de kilogramos de PET recolectados en el tiempo. Las líneas de tendencia lineal y logarítmica son trazadas según la Ecuación 6 y Ecuación 7 respectivamente.

**Ecuación 6: Tendencia lineal de recolección de PET en periodo normal**

$$y = 59,072x + 672,61$$

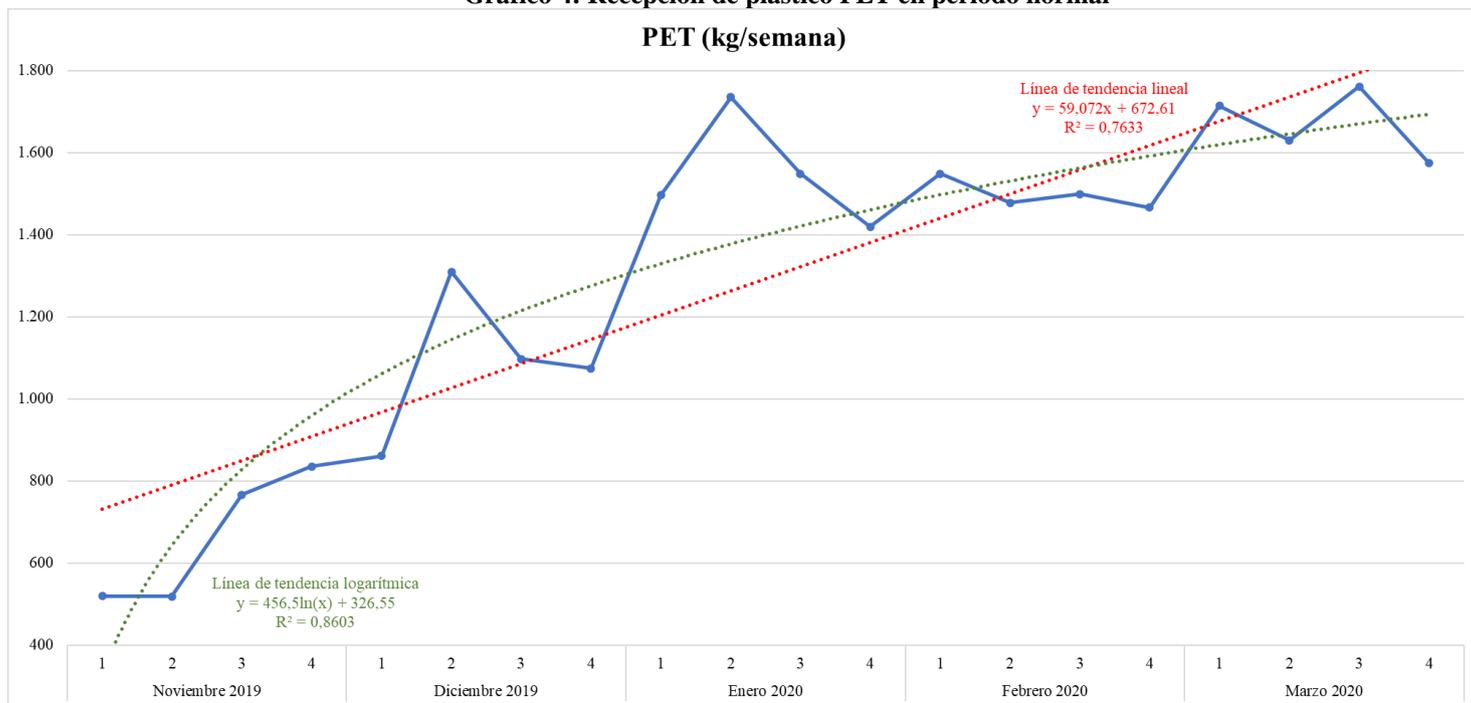
*Fuente: Elaboración propia en base a información entregada por Ilustre Municipalidad de Talca*

**Ecuación 7: Tendencia logarítmica de recolección de PET en periodo normal**

$$y = 456,5\ln(x) + 326,55$$

Fuente: Elaboración propia en base a información entregada por Ilustre Municipalidad de Talca

**Gráfico 4: Recepción de plástico PET en periodo normal**

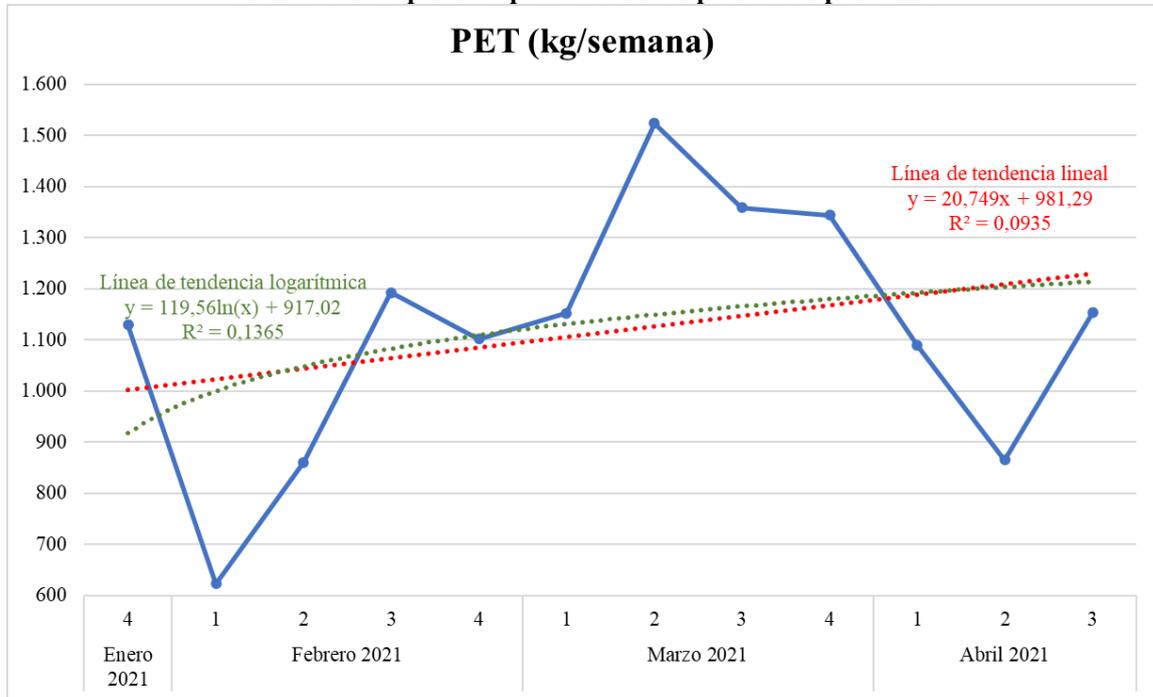


Fuente: Elaboración propia en base a información entregada por Ilustre Municipalidad de Talca

Para el periodo en pandemia, se han analizado doce semanas en la que se ha recuperado el proceso de recolección de plástico PET, el cual ha comenzado la cuarta semana de enero hasta la tercera semana de abril, obteniendo un gráfico que no demuestra una tendencia clara para proyectar (observar Gráfico 5), considerando que, a pesar de que los coeficientes de determinación ( $R^2$ ) de ambas tendencias son bastante ajustados, tomando valores de 0,0935 y 0,1365 para la tendencia lineal y logarítmica respectivamente, estos no satisfacen un valor deseado.

Se puede obtener un análisis respecto al comportamiento de recolección en periodo de pandemia, a partir de lo cual se puede establecer que su recolección es variada debido que la comuna de Talca ha sido declarada en cuarentena desde el día 23 de enero hasta el día 22 de febrero y desde el día 18 de marzo hasta la fecha en que se han considerado los datos utilizados para el desarrollo del gráfico observados en el Anexo 12. De esta manera se puede decir que influye en la recolección el hecho que la comuna se encuentre en cuarentena periódicamente.

Gráfico 5: Recepción de plástico PET en periodo en pandemia



Fuente: Elaboración propia en base a información entregada por Ilustre Municipalidad de Talca

Asimismo, se ha realizado un gráfico a través del tiempo desde la puesta en marcha de Talca Recicla hasta la fecha en que han sido extraídos los datos de recolección (tercera semana de abril de 2021) el cual puede ser observado en el Anexo 13. Debe ser mencionado que no existe una tendencia clara entre ambos periodos, dificultándose la consideración de ambos en un futuro estudio de proyectar la recolección semanal en el centro de acopio. Por esta razón se descarta la información que demuestra el Gráfico 5, y para efectos de modelación se considerará sólo la información del periodo normal (pre-pandemia).

### 3.3. Elaboración de ladrillo ecológico con base de cemento y PET

A pesar de existir una gran variedad de ladrillos ecológicos, hechos con distintos tipos de materiales, también, existe una gran variedad de ladrillos hecho en base de hormigón y PET los cuales, al ser estudiados y analizados según sus características, el resultado es negativo para su uso debido a la NCh169.Of2001 (Normativa Chilena 169, aplicada a la construcción de obras) la cual especifica los requisitos de los distintos tipos de ladrillos en cuanto a su resistencia a la compresión, absorción de agua y adherencia.

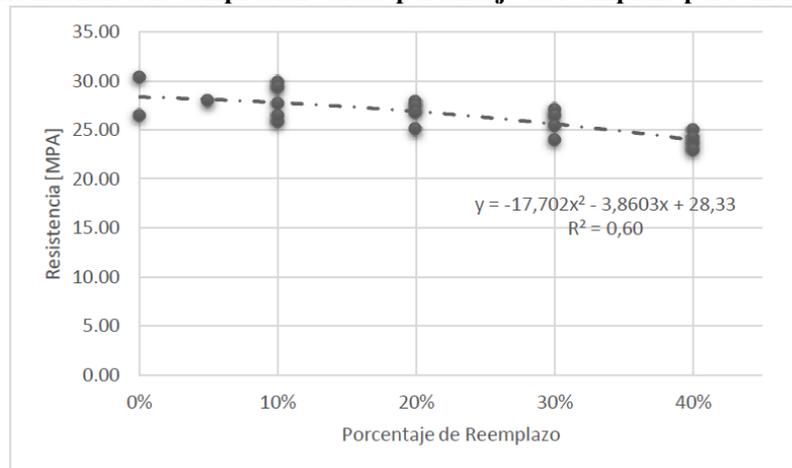
### 3.3.1. Estudio investigado

El estudio “Análisis técnico-económico del uso de PET reciclado como reemplazo parcial de áridos finos en hormigones” (Carreño, 2020) tiene como objetivo verificar la factibilidad en una proporción óptima del reemplazo de áridos finos o áridos por el plástico PET (polietileno tereftalato), utilizando en su mayoría el plástico obtenido de envases de bebidas.

Se realiza un análisis en función de investigaciones hechas con anterioridad, obteniendo resultados como la resistencia a la compresión, tracción y flexión, absorción de agua y módulo de elasticidad del ladrillo ecológico. En el análisis mencionado se han obtenido resultados concretos que arrojan que la sustitución de agregados finos por el plástico debe concentrarse entre un rango del 0,5% y 10%, los cuales son porcentajes aceptables para la resistencia a la compresión del hormigón.

En el Anexo 14 se puede observar el cambio en la resistencia a la compresión con una edad de 28 días del hormigón, donde se observa que desde el reemplazo del 20% de PET, la resistencia comienza a ser menor a la del hormigón sin reemplazo. Por otra parte, en el Gráfico 6, se puede observar el valor promedio de resistencia en MPa, los cuales logran cumplir satisfactoriamente los requisitos de la NCh169 que fluctúan entre los 15MPa y 5MPa según el tipo de ladrillo producido, sin embargo, como se busca utilizar una cantidad de PET considerable, el porcentaje óptimo se considera en 10% de reemplazo aproximadamente.

**Gráfico 6: Resistencia a la compresión versus porcentaje de reemplazo para un hormigón G25**



Fuente: (Carreño, 2020)

### 3.3.2. Dosificación

Los materiales que serán utilizados para la producción de material constructivo, son, agua, cemento, aditivo (plastificante reductor de agua), gravilla, arena y plástico PET.

Para comenzar, se debe especificar que, la gravilla, arena y plástico PET deben mantener una granulometría con la cual serán trabajados estos insumos, y así, lograr crear el producto que se desea con una calidad satisfactoria. La granulometría de la arena y gravilla pueden ser observados en el Anexo 15 , mientras que la granulometría de las hojuelas de plástico PET se puede observar en el Anexo 16.

La manera en que se realiza la dosificación es según la densidad de los materiales, considerando una densidad promedio del cemento de 3 g/cm<sup>3</sup>, para el agua se considera una densidad de 1 g/cm<sup>3</sup> y para el aditivo una densidad de 1,32 kg/L. De esta manera, además de la utilización de datos relevantes para el cálculo como la reducción de agua de amasado (14%), el aire atrapado en la mezcla (2% del volumen del ladrillo), entre otros, se obtienen los kilogramos a utilizar de cada material para la elaboración de un metro cúbico de hormigón (observar Tabla 5).

Tabla 5: Dosificación por zona establecida en la NCh163 y cada porcentaje de reemplazo por PET

Material [kg]	Zona 1			Zona 2		
	0%	5%	10%	0%	5%	10%
Agua	180	180	180	180	180	180
Cemento	378	378	378	378	378	378
Aditivo	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
Gravilla	1.162	1.162	1.162	962	962	962
Arena	647	611	575	844	785	744
PET	-	17	35	-	20	40

Fuente: (Carreño, 2020)

### 3.4. Plantas para la producción de ladrillos ecológicos

En este apartado se realiza una comparación entre proyectos de plantas de producción de ladrillos ecológicos diseñados, con el fin observar las capacidades de la planta y el valor obtenido por el producto final obtenido.

### **3.4.1. Proyecto “Adoquines ecológicos hechos de material reciclado PET”**

Proyecto desarrollado el 2020 en la ciudad de Lima del país de Perú el cual cuenta con una capacidad instalada de 9.000 unidades producidas al día , alcanzando un máximo de 2.808.000 unidades producidas al año (considerando ocho horas laborales y 312 días de trabajo), sin embargo, la capacidad utilizada por la planta comprende valores entre los 965.289 y 1.853.628 unidades correspondientes al primer año de trabajo y quinto año de trabajo respectivamente alcanzando un máximo de utilización de la planta el quinto año con un 66% de utilización (Silvana Mena, 2020).

Cabe mencionar que esta planta tiene un alcance desde la recepción de botellas de plástico PET hasta la comercialización del adoquín, produciendo tres tipos de adoquines de distinto alto, con medidas de (10x20x4) cm, (10x20x6) cm y (10x20x8) cm (Silvana Mena, 2020).

Para finalizar, los valores de venta de estos adoquines están determinados por una encuesta realizada, donde los valores de cada tipo se encuentran entre los rangos de [0,96 ; 1,02] soles para el producto con menor alto (entre CLP\$202 y CLP\$214), [1,06 ; 1,15] soles para el producto con altura media (entre CLP\$223 y CLP\$242) y para el producto de mayor altura un valor entre [1,16 ; 1,25] soles (entre \$CLP244 y \$CLP263) (Silvana Mena, 2020) considerando un valor de CLP\$210 por sol en el mes de noviembre del año 2020 (año en que se desarrolló el proyecto).

### **3.4.2. Proyecto “Diseño del proceso de producción de ladrillos basados en plástico reciclado”**

Proyecto diseñado el año 2019 en la ciudad de Piura del país Perú, el cual exhibe el diseño de una planta de producción de ladrillo ecológico hecho en base de cemento, cal, arena y plástico PET. Esta planta está diseñada para producir aproximadamente 1,75 millones de ladrillos ecológicos al año, los que comprenden un total de 10,5 toneladas de ladrillos aproximadamente (Katherine Campos, 2019).

El proyecto tiene el fin de producir un único producto, el cuál mantiene medidas de (13x24x9) cm, y cabe mencionar que, el precio fijado para el ladrillo ecológico producido es de 0,7 soles, considerando un valor de conversión a pesos chilenos igual a CLP\$164 por unidad vendida teniendo en cuenta un valor de CLP\$235 por un sol en el mes de noviembre del año 2019 (año en que se desarrolló el diseño del proyecto) (Katherine Campos, 2019).

### **3.4.3. Proyecto “Ladrillos ecológicos con material reciclado PET”**

En el presente proyecto, se produce ladrillo con una capacidad de 18 millones ladrillos ecológico al año aproximadamente, la cual aumente a partir desde el tercer año, considerando que se agrega una máquina al proceso (la que trabaja al 50% de su capacidad) produciendo un total de 27 millones ladrillos ecológicos en el año. Sin embargo, la planta no trabajará al máximo de su capacidad, produciendo en el primer año aproximadamente 15,8 millones de ladrillos ecológicos (obteniendo un porcentaje de utilización del 88%) y en el quinto año, se producirá aproximadamente 23,4 millones de ladrillos ecológicos (José Altamirano, 2017).

El producto que creará la empresa es un ladrillo con dimensiones de (12,5x25x7,5) cm ahuecado con un valor de venta aproximado de 0,43 soles por unidad, por lo cual, considerando un valor de CLP\$200 por sol en el año 2017 (año en que ha sido desarrollado el proyecto), se obtiene en resultado que cada ladrillo ecológico tendría un valor comercial de CLP\$86 (José Altamirano, 2017).

### **3.4.4. Comparación entre proyectos**

Los proyectos estudiados coinciden en su país de origen, Perú. Existe un número considerable de proyectos sobre plantas de producción de ladrillos ecológicos en este país, sin embargo, los productos varían en cuanto a su composición y forma, siendo producidos con distintos materiales y con formas de ladrillos fiscales o ahuecados debido a su variado proceso de producción en la etapa de moldeo.

A pesar de sus distintas características que puede llegar a tener cada uno de los productos pertenecientes a su respectivo proyecto, se ha calculado un valor perteneciente al valor de venta de un metro cúbico de cada uno de los ladrillos producidos (observar Tabla 6), en donde los

valores por metro cúbico fluctúan entre los CLP\$260.000 y CLP\$36.693, diferencia considerable debido que el valor llega a tener una diferencia de siete veces el valor de venta de otro producto.

Por otra parte, si se considera sólo el precio unitario de cada ladrillo ecológico, se puede observar que la diferencia entre el de mayor costo con el de menor costo es de 2,4 veces, indicador que puede demostrar una cercanía entre los precios considerando una diferencia de tres años entre la realización de proyectos y la valorización del ladrillo ecológico pudo subir por la conciencia ambiental que la sociedad está aumento año a año.

**Tabla 6: Comparación de precio por metro cúbico de ladrillos ecológicos existentes**

Proyecto	Año	Medidas (cm)	Volumen		Precio CLPS	Precio/m3
Adquines ecológicos hechos de material reciclado PET	2020	10x20x4	800 cm <sup>3</sup>	0,00080 m <sup>3</sup>	\$208	\$260.000
		10x20x6	1200 cm <sup>3</sup>	0,00120 m <sup>3</sup>	\$233	\$193.750
		10x20x8	1600 cm <sup>3</sup>	0,00160 m <sup>3</sup>	\$254	\$158.438
Diseño del proceso de producción de ladrillos basados en plástico reciclado	2019	13x24x9	2808 cm <sup>3</sup>	0,00281 m <sup>3</sup>	\$164	\$58.405
Ladrillos ecológicos con material reciclado PET	2017	12,5x25x7,5	2344 cm <sup>3</sup>	0,00234 m <sup>3</sup>	\$86	\$36.693

Fuente: Elaboración propia en base a (Silvana Mena, 2020), (Katherine Campos, 2019) y (José Altamirano, 2017)

# CAPÍTULO 4: PROPUESTA DE PROYECTO

*En el presente capítulo se presentan las distintas partes que componen a la planta de producción, definiendo su escala, procesos de producción, tecnología a utilizar y, por último, el diseño físico de esta.*

## 4.1. Descripción del producto

En el siguiente apartado se definen las características del ladrillo ecológico a producir, estandarizando sus dimensiones y composición, mencionando sus beneficios y debilidades estructuralmente.

### 4.1.1. Estructura

El ladrillo ecológico que será fabricado en la planta cabe en una clasificación por peso de normal (según la NCh 181) (INN, 2006), considerando que su densidad expuesta a un secado al horno sería mayor de  $2.000 \text{ kg/m}^3$ , específicamente una densidad de  $2.152,3 \text{ kg/m}^3$  considerando un 0% de humedad en el bloque.

Según la dosificación de materiales que será utilizada para la fabricación, la resistencia mínima del bloque se comprendería en un intervalo entre desde los 25 a 30 MPa de resistencia a la compresión, mayor a la resistencia mínima propuesta por la NCh 181, la cual debe ser de 12 MPa (INN, 2006).

Para definir las dimensiones del ladrillo de hormigón que será fabricado, se considera la planta de producción de ladrillos seleccionada en el apartado 4.5.2, la cual cuenta con sólo un tipo de producción de ladrillo macizo de dimensiones 23 cm de largo, 11 cm de ancho y 7 cm de alto, cubriendo un volumen total de  $1.771 \text{ cm}^3$  por ladrillo producido. En la Ilustración 9 se puede observar la presentación del ladrillo ecológico a producir en la planta.

**Ilustración 9: Presentación física de ladrillo ecológico a producir**



*Fuente: (DonLadrillo, 2021)*

### **4.1.2. Composición**

Tal como ha sido investigado en el apartado 3.3 la dosificación utilizada para la producción del ladrillo ecológico es la correspondiente al reemplazo de áridos finos por plástico PET en un 10% considerando la zona 1 definida en la Tabla 5, utilizando una cantidad de 180 kg de agua, 378 kg de cemento, 2,3 kg de aditivo, 1.162 kg de gravilla, 575 kg de arena y 35 kg de plástico PET por cada metro cúbico producido de ladrillos ecológicos.

## **4.2. Estudio de mercado**

Para comprender la magnitud del producto que se pretende producir, se realiza la investigación de demanda que presenta el mercado del ladrillo, con el fin de obtener el porcentaje de participación que tendrá la Ilustre Municipalidad de Talca en el mercado de ladrillos en la Región del Maule y del país.

### **4.2.1. Consumo de ladrillos en el mercado**

En el mercado nacional se manejan datos sobre la cantidad de metros cuadrados que se han construido en el año 2019 (considerando que el año 2020 puede ser un año atípico, y por esta razón, el presente estudio estará basado en datos del año 2019) obteniendo un total de 2,1 millones de metros cuadrados de construcción en edificación autorizada con material predominante en muros, el ladrillo y sus reemplazos, considerando construcciones de ampliación y obras nuevas (al respecto, observar Tabla 7).

En la Tabla 7 se observa la cantidad de metros cuadrados autorizados a construir en el año 2019, donde el material predominante ladrillo en muros alcanza el 70,31% del total de edificaciones, del cual en segundo lugar se observa como material predominante ladrillo-madera con un 29,14%.

Tabla 7: Edificación autorizada, por superficie según material predominante en muros 2019

Material predominante	Tipo de superficie construida	Vivienda	Industria, comercio y establecimientos financieros	Servicios	Edificación total	Total
Ladrillo	Ampliaciones	181.907 m <sup>2</sup>	39.783 m <sup>2</sup>	44.227 m <sup>2</sup>	265.917 m <sup>2</sup>	1.477.349 m <sup>2</sup>
	Obras nuevas	898.380 m <sup>2</sup>	215.404 m <sup>2</sup>	97.648 m <sup>2</sup>	1.211.432 m <sup>2</sup>	
Ladrillo-panel poliestileno expandidoarmado estucable	Ampliaciones	383 m <sup>2</sup>	121 m <sup>2</sup>	1.221 m <sup>2</sup>	1.725 m <sup>2</sup>	3.225 m <sup>2</sup>
	Obras nuevas	1.500 m <sup>2</sup>	-	-	1.500 m <sup>2</sup>	
Ladrillo-adobe	Ampliaciones	335 m <sup>2</sup>	433 m <sup>2</sup>	-	768 m <sup>2</sup>	8.249 m <sup>2</sup>
	Obras nuevas	4.839 m <sup>2</sup>	2.642 m <sup>2</sup>	-	7.481 m <sup>2</sup>	
Ladrillo-madera	Ampliaciones	129.151 m <sup>2</sup>	6.026 m <sup>2</sup>	5.136 m <sup>2</sup>	140.313 m <sup>2</sup>	612.223 m <sup>2</sup>
	Obras nuevas	431.487 m <sup>2</sup>	22.713 m <sup>2</sup>	17.710 m <sup>2</sup>	471.910 m <sup>2</sup>	
Ladrillo-otros	Ampliaciones	-	-	-	-	0 m <sup>2</sup>
	Obras nuevas	-	-	-	-	
<b>TOTAL</b>	<b>Ampliaciones</b>	<b>408.723 m<sup>2</sup></b>				<b>2.101.046 m<sup>2</sup></b>
	<b>Obras nuevas</b>	<b>1.692.323 m<sup>2</sup></b>				

Fuente: Elaboración propia en base a (INE, 2021)

Se debe considerar que el cálculo de ladrillos por metro cuadrado puede ser realizado según la Ecuación 8, de tal manera que, al realizar el cálculo se obtiene un total de 34,72 ladrillos por metro cuadrado de construcción con lo que considerando la cantidad de 2.101.046 m<sup>2</sup> de edificación, se obtiene el resultado de 72.952.986 unidades de ladrillos utilizados en construcción el año 2019 en Chile (sin considerar desperdicio de ladrillos). Para considerar los desperdicios de ladrillos (por rotura), se aumenta un 5% la cantidad necesaria en razón a los realmente utilizados, cerrando la cifra de unidades de ladrillos en Chile en el año 2019 de 76.600.635 (Construyendo seguro, 2018).

**Ecuación 8: Cálculo de la cantidad de ladrillos por metro cuadrado de muro (sin desperdicio)**

$$CL = \frac{1}{(L + J_h) \times (H + J_v)}$$

Fuente: (Construyendo seguro, 2018)

Donde:

$CL$  = La cantidad de ladrillos por metro cuadrado.

$L$  = Largo del ladrillo (considerado de 0,3 m).

$H$  = Altura del ladrillo (considerado como 0,07 m).

$J_h$  = Espesor de junta horizontal (considerando espesor horizontal de 0,02 m).

$J_v$  = Espesor de junta vertical (considerando espesor vertical de 0,02 m).

Para la estimación del mercado regional, se ha utilizado información sobre la edificación autorizada total (sector público y privado, ampliaciones y obras nuevas) en superficie en metros cuadrados por región en el año 2019 (visualizar Anexo 17), en donde, de un total de 20 millones de metros cuadrados edificados en Chile aproximadamente, la Región del Maule ocupa el cuarto lugar de participación en la edificación con un 7,37% de participación luego de la Región de Valparaíso (en tercer lugar con el 8,05% de participación), Región del Bío Bío (en segundo lugar con el 8,34% de participación), y en primer lugar, la Región Metropolitana con el 41,78% de participación.

Para finalizar, considerando que la cantidad de ladrillos necesarios para cubrir la cantidad de edificaciones es de 76,6 millones aproximadamente, se calcula el porcentaje de participación de la Región del Maule (7,37%), obteniendo un total de 5.645.467 ladrillos necesarios para cubrir la demanda anual de edificaciones en la Región del Maule. De tal manera, si se considera que se producirá una cantidad de 2.439 metros cúbicos por año que se traducen en 1.377.343 ladrillos producidos al año (teniendo en cuenta la capacidad del proyecto definida), un 24,4% del mercado de ladrillos en la Región del Maule será cubierto por la capacidad del proyecto.

#### **4.2.2. Valor de venta en el mercado**

A modo de comparar el valor de venta que tienen los ladrillos en el mercado, se utiliza como referencia una cotización realizada en páginas *web* de empresas proveedoras de estos productos, entre las que se encuentra: Imperial, Sodimac, Easy y Construmart. Además, a estas cotizaciones se agrega la comparación de valores de venta de los ladrillos ecológicos comparados en el apartado 3.4, para así obtener un punto de vista de precios en el mercado de ladrillos ecológicos y de ladrillos fiscales en Chile.

En la Tabla 8 puede ser observado que el promedio del precio del ladrillo ecológico (“proyecto 1”, “proyecto 2” y “proyecto 3”) es de CLP\$189 por unidad de 1.750 cm<sup>3</sup>, llegando a un valor de CLP\$141.457 por metro cúbico, sin embargo, el ladrillo fiscal en el país es vendido a aproximadamente CLP\$192 la unidad de 2.198 cm<sup>3</sup>, alcanzando un precio promedio de CLP\$88.541 por metro cúbico.

Tabla 8: Comparación de precio de venta de ladrillos ecológicos y fiscales en Chile

Empresa	Año	Medidas (cm)	Volumen (cm3)	Precio CLPS	Precio/m3
Proyecto 1	2020	10x20x4	800	\$208	\$260.000
		10x20x6	1.200	\$233	\$193.750
		10x20x8	1.600	\$254	\$158.438
Proyecto 2	2019	13x24x9	2.808	\$164	\$58.405
Proyecto 3	2017	12,5x25x7,5	2.344	\$86	\$36.693
IMPERIAL	2021	15x30x5	2.250	\$180	\$80.000
		14x29x5,5	2.233	\$190	\$85.087
SODIMAC	2021	14x28,5x4,5	1.796	\$180	\$100.251
EASY	2021	15x30x6	2.700	\$170	\$62.963
		14x28x5	1.960	\$180	\$91.837
CONSTRUMART	2021	15x30x5	2.250	\$250	\$111.111
Promedio		Ladrillo ecológico	1.750	\$189	\$141.457
		Ladrillo fiscal	2.198	\$192	\$88.541
		<b>Total</b>	<b>1.995</b>	<b>\$190</b>	<b>\$112.594</b>

Fuente: Elaboración propia en base a (Silvana Mena, 2020), (Katherine Campos, 2019) y (José Altamirano, 2017), (Imperial, 2021), (Imperial, 2021), (Sodimac, 2021), (Easy, 2021), (Easy, 2021) y (Construmart, 2021)

Para finalizar, se menciona que un precio promedio de un ladrillo con volumen de 1.995 cm<sup>3</sup> es de CLP\$190, obteniendo un valor comercial por metro cúbico vendido de CLP\$112.594.

#### 4.2.3. Mercado apuntado al consumo del producto

Luego del análisis realizado, y debido a que no se ha logrado consolidar un estudio de mercado que permita fundamentar las bases de un proyecto innovador en el reemplazo de ladrillo fiscal por el ladrillo ecológicos, se ha considerado la opción de ser utilizados para la aplicación de pavimentos articulados en base de adoquines de concreto, en donde, cabe mencionar que, se ha presentado la propuesta a la Ilustre Municipalidad de Talca, corporación que ha aceptado dicha propuesta.

Para este estudio se ha realizado una búsqueda de proyectos que ha desarrollado la Ilustre Municipalidad de Talca en el área de transporte y vialidad (todos aquellos proyectos que comprenden la construcción de pavimentos o aceras) en los años 2019, 2018, 2017 y 2016. Es importante mencionar que la cantidad de ladrillos utilizados por proyecto se ha calculado según la cantidad de metros cuadrados cubiertos por el proyecto mediante la Ecuación 8 con las dimensiones de un ladrillos de (0,23x0,11x0,7) metros con un espesor de junto horizontal y

vertical de cinco milímetros, presentándose la recopilación de información en el Anexo 18, Anexo 19, Anexo 20 y Anexo 21.

Con la información recolectada, se puede realizar un resumen de datos relevantes (observar Tabla 9) para desarrollar un análisis y visualizar si existen algunas tendencias claras que ayuden a definir el futuro del mercado.

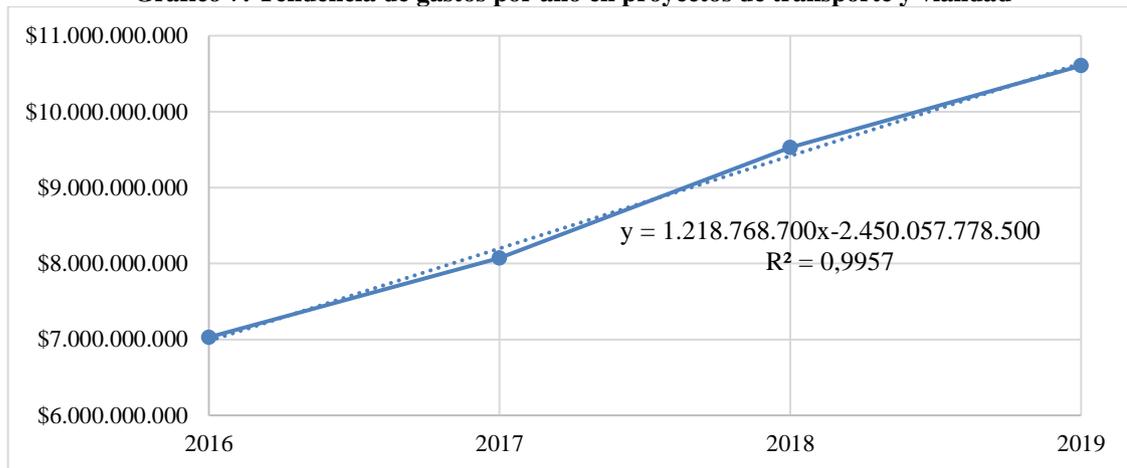
**Tabla 9: Resumen de proyectos de transporte y vialidad desarrollados por Ilustre Municipalidad de Talca**

Año	Área de proyecto (m2)	Ladrillos	Con Pérdidas (+5%)	Gasto
2016	126.672	4.687.214	4.921.575	\$7.028.680.000
2017	149.218	5.521.488	5.797.562	\$8.070.045.000
2018	137.148	5.074.842	5.328.584	\$9.528.469.000
2019	116.798	4.321.848	4.537.940	\$10.605.101.000

Fuente: Elaboración propia

En primer lugar, se analiza el gasto por año que se genera en los proyectos, el cual presenta una clara tendencia al alza con el paso de los años (visualizar Gráfico 7), de tal manera que esto permite pronosticar el costo anual de esta envergadura de proyectos en los siguientes diez años (Tabla 10).

**Gráfico 7: Tendencia de gastos por año en proyectos de transporte y vialidad**



Fuente: Elaboración propia

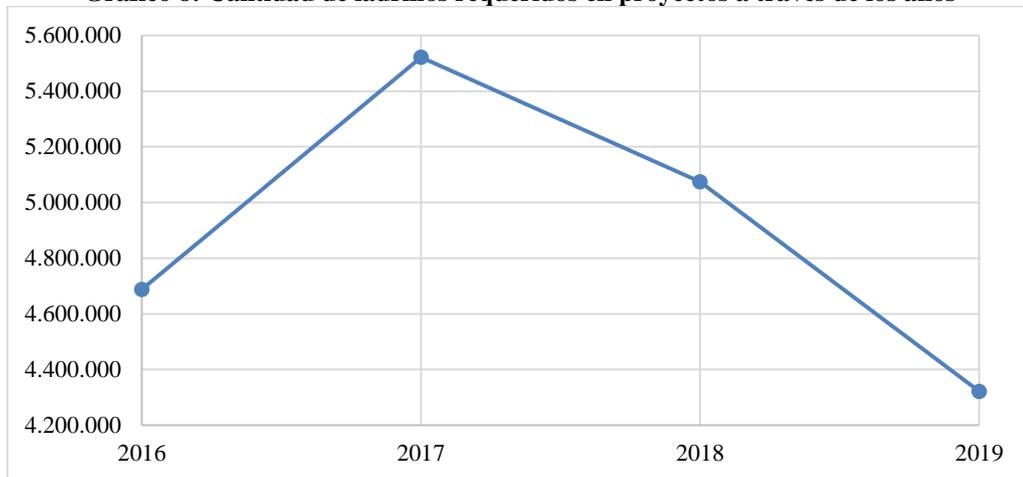
**Tabla 10: Pronóstico de gastos por proyectos de transporte y vialidad en los próximos diez años**

Año	Pronóstico de gasto
2022	\$ 14.292.532.900
2023	\$ 15.511.301.600
2024	\$ 16.730.070.300
2025	\$ 17.948.839.000
2026	\$ 19.167.607.700
2027	\$ 20.386.376.400
2028	\$ 21.605.145.100
2029	\$ 22.823.913.800
2030	\$ 24.042.682.500
2031	\$ 25.261.451.200

Fuente: Elaboración propia

Para finalizar, se analiza la cantidad de ladrillos requeridos al paso de los años (Gráfico 8), en donde no se presenta una tendencia clara, por lo que se puede utilizar como datos relevantes un promedio anual de ladrillos requeridos para los proyectos igual a 4.901.348 ladrillos ecológicos a los que se les debe agregar un 5% por pérdidas en el proceso, resultando un total de 5.146.415 ladrillos requeridos al año.

**Gráfico 8: Cantidad de ladrillos requeridos en proyectos a través de los años**



Fuente: Elaboración propia

### 4.3. Definición de la capacidad de la planta

La planta de producción del ladrillo ecológico debe cumplir con una capacidad definida según las proyecciones de disposición de plástico PET en el centro de acopio municipal, considerando la recolección domiciliaria (ejecución que aún no está en marcha) y la recolección de residuos

en los distintos CMR ubicados en la comuna. Se debe tener en cuenta que el pronóstico de mercado del apartado 4.2.3, indica un total máximo de ladrillos a utilizar de 5.146.415, por lo cual, la capacidad del proceso no puede ser mayor a este número o existirá una sobre oferta del producto.

#### **4.3.1. Disposición de PET desde recolección domiciliaria**

Para proyectar la disposición de plásticos PET de la ejecución del sistema de recolección domiciliaria del proyecto Talca Recicla, se recopila información sobre la emisión de residuos sólidos domiciliarios en la ciudad de Talca, los cuales son analizados y comparados para proceder a la estimación de plástico PET que se dispondrá en el centro de acopio municipal.

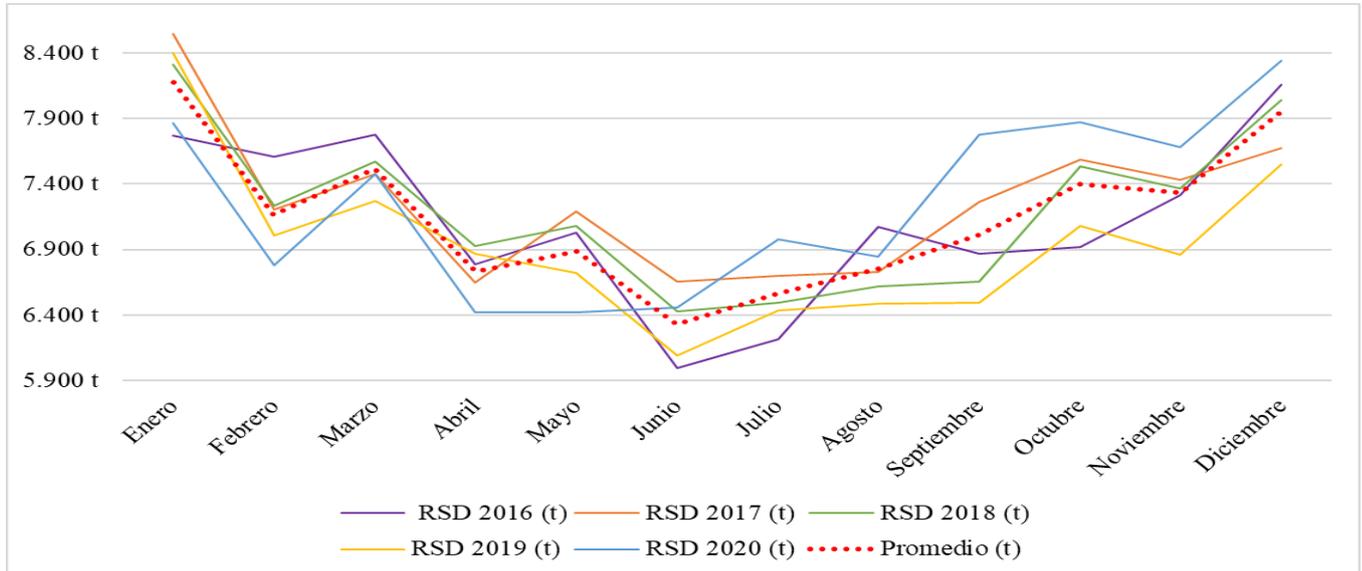
En primer lugar, se analizan los RSD (Residuos Sólidos Domiciliarios) recolectados en la comuna de Talca según datos obtenidos desde las cuentas públicas municipales de los últimos cinco años 2020, 2019, 2018, 2017 y 2016 (información recopilada en el Anexo 18, Anexo 19, Anexo 20 y Anexo 21). De esta manera, se puede obtener el Gráfico 9, el cual demuestra la curva en que se mueve la recolección de RSD en cada uno de los cinco años mencionados, observándose que no existe una relación clara al pasar de los años según el siguiente análisis:

- El año 2020 presenta un bajo nivel de recolección de RSD en el mes de enero a comparación con los otros años (a excepción del año 2016), sin embargo, los últimos cuatro meses, la recolección es mayor a los otros años en comparación. De esta manera no se puede deducir que la emisión de RSD en la ciudad va en alza al pasar los años.
- El año 2017 presenta la mayor recolección de RSD en el mes de enero, sin embargo, al pasar los meses, este se comienza a regular con el resto de los años terminando en alrededor de cinco meses en el promedio y el mes de diciembre cómo el segundo año que menos emitió RSD en este mes.

Considerando que no existe una tendencia alcista o bajista a través de los años en la recolección de RSD en la comuna, se puede observar que se presentan movimientos marcados dentro del año, donde los meses de enero y diciembre presentan un alto volumen de recolección y el mes de junio tiende a ser el mínimo de recolección en la mayoría de los años (se debe considerar que el mayor volumen de recolección se presenta el mes de enero del año 2017 con una cantidad

de 8.549 toneladas de RSD emitidos aproximadamente y el menor volumen de recolección de presenta el mes de junio del año 2016 con una cantidad de 6.000 toneladas de RSD emitidos aproximadamente).

**Gráfico 9: Curva de RSD recolectados en la ciudad de Talca en los últimos cinco años**



Fuente: Elaboración propia en base a (Municipalidad de Talca, 2021), (Municipalidad de Talca, 2020), (Municipalidad de Talca, 2019), (Municipalidad de Talca, 2018) y (Municipalidad de Talca, 2017)

Según lo mencionado con anterioridad, se trabajará con un promedio de cada mes de RSD emitidos, debido que los años no presentan un alza o baja, pero sí presentan una tendencia según su mes. De tal manera, se obtiene un resultado promedio de 85.818 toneladas de residuos domiciliarios emitidos anualmente alcanzando el máximo de recolección en el mes de enero con 8.178,79 toneladas y el mínimo de recolección en el mes de junio con 6.326,47 toneladas de RSD (observar Anexo 17, Anexo 18, Anexo 19, Anexo 20 y Anexo 21).

Una vez obtenida la proyección de RSD que se recolectarán durante el proyecto, se debe considerar que sólo se recolectarán los plásticos PET de los residuos domiciliarios emitidos por 40.000 viviendas habitadas de la ciudad, para esto se considera que la comuna de Talca tiene 75.153 viviendas habitadas actualmente (INE, 2017) (se consideran sólo las viviendas habitadas debido a que dicho dato será utilizado para la proporción de RSD emitidos, suponiendo que las viviendas no habitadas no emiten RSD), de tal manera, las 40.000 viviendas habitadas representan el 53,22% de las viviendas de la comuna.

Luego de obtener la cantidad de residuos domiciliarios emitidos por 40.000 viviendas, se considera que la composición porcentual de los RSD en la comuna de Talca es de 15% plástico (SUBDERE, 2018), y según lo mencionado en el apartado 3.2.2, el 11,1% de los plásticos en Chile es PET y sólo el 11% del PET es reciclado por los chilenos. Con los datos mencionados con anterioridad, se puede obtener la Ecuación 9 considerando a  $i$  como los meses del año.

**Ecuación 9: Total de PET mensual obtenido por el sistema de recolección domiciliaria**

$$PET \text{ mensual reciclado}_i = RSD_i \left( \frac{t}{mes} \right) \times 0,5322 \times 0,15 \times 0,111 \times 0,11 ; \quad i \in [1,12]$$

Fuente: Elaboración propia

Para finalizar, se obtiene la Tabla 11, en la cual se observa la cantidad de PET que se dispondrá desde la recolección domiciliaria, visualizando las toneladas por mes que entrarán al centro de acopio y los kilogramos por semana según el respectivo mes. Se debe tener en consideración que la cantidad mínima de entrada será en el mes de junio con un total de 1.541,64 kg/semana de PET y la cantidad máxima de entrada es de 1.993,02 kg/semana de PET correspondientes al mes de enero, obteniendo un total de 83,65 toneladas de PET al año sólo con el sistema de recolección domiciliaria. Cabe mencionar que la Tabla 11 se ha generado en base a los valores promedios de RSD presentados en el Gráfico 9.

**Tabla 11: Resumen de ingreso de PET mensual y semanal en cada mes del año**

Mes	100% de viviendas	53,22% de domicilios (40.000 viviendas habitadas)				Ingreso PET (kg/semana)
	RSD (t)	RSD (t)	Plástico (t)	PET (t)	PET reciclado (t)	
Enero	8.178,79	4.352,75	652,91	72,47	7,97	1.993,02
Febrero	7.168,47	3.815,06	572,26	63,52	6,99	1.746,82
Marzo	7.514,02	3.998,96	599,84	66,58	7,32	1.831,02
Abril	6.730,33	3.581,88	537,28	59,64	6,56	1.640,05
Mayo	6.888,84	3.666,24	549,94	61,04	6,71	1.678,68
Junio	6.326,47	3.366,95	505,04	56,06	6,17	1.541,64
Julio	6.565,06	3.493,92	524,09	58,17	6,40	1.599,78
Agosto	6.751,27	3.593,03	538,95	59,82	6,58	1.645,16
Septiembre	7.011,23	3.731,37	559,71	62,13	6,83	1.708,50
Octubre	7.398,90	3.937,69	590,65	65,56	7,21	1.802,97
Noviembre	7.332,21	3.902,20	585,33	64,97	7,15	1.786,72
Diciembre	7.952,36	4.232,24	634,84	70,47	7,75	1.937,84
<b>Total anual</b>	<b>85.817,94</b>	<b>45.672,31</b>	<b>6.850,85</b>	<b>760,44</b>	<b>83,65</b>	

Fuente: Elaboración propia

### 4.3.2. Disposición de PET desde recolección en CMR

Como se ha mencionado en el apartado 3.2.3, para obtener una proyección de plástico PET recaudado por los CMR, se utiliza el periodo llamado denominado como “normal” el cual comprendo datos históricos de entrada de PET desde la primera semana del mes de noviembre del año 2019 hasta la última semana de marzo del año 2020, considerando que la curva de datos históricos más recientes, no presenta una tendencia clara debido a la irregularidad causada por cuarentenas.

De esta manera, se comparan los errores de tres proyecciones realizadas para elegir la más representativa: regresión logarítmica (observar Ecuación 7), regresión lineal (observar Ecuación 6) y media móvil de dos periodos. Se utilizan dos métodos para comparar los errores de las proyecciones, los cuales son el MAD y el método de mínimos cuadrados mediante una tabla comparativa observada en el Anexo 23 de la cual se obtienen los resultados relevantes para la toma de decisión del método de proyección a utilizar observados en la Tabla 12 en la que se puede observar que la regresión logarítmica presenta el valor más favorable para el MAD y para los mínimos cuadrados, por lo tanto, se procede a realizar la proyección con la Ecuación 7.

**Tabla 12: Resumen de comparación de errores entre métodos de proyección**

Método de proyección	MAD	Mínimos cuadrados
R. Logarítmica	125	21.241
R. Lineal	147	35.978
M.M.2	158	46.683

*Fuente: Elaboración propia*

Con la ecuación obtenida de la proyección logarítmica se procede a realizar predicción de toneladas de PET que ingresarán en el año 2022 en un panorama sin pandemia de la comuna, considerando que el periodo uno es considerado en la semana uno del mes de noviembre del año 2019, el periodo dos corresponde a la semana dos de noviembre del mismo año y así respectivamente hasta predecir la semana uno del mes de enero del año 2022 (periodo 105) hasta la última semana de diciembre del año 2022 (periodo 152).

En la Tabla 13 se puede observar la cantidad pronosticada de ingreso al centro de acopio por la recolección en CMR, donde el promedio semanal alcanza valores desde los 2.184 kg (mes de enero) hasta los 2.440 kg (mes de diciembre), alcanzando un total anual de aproximadamente 120 toneladas de plástico PET recolectado.

**Tabla 13: Proyección de PET ingresado a centro de acopio desde CMR en el año 2022**

Año	Mes	Semana				Promedio	Total mes
		1	2	3	4		
2022	Enero	2.451 kg	2.455 kg	2.460 kg	2.464 kg	2.458 kg	9.830 kg
	Febrero	2.468 kg	2.472 kg	2.476 kg	2.481 kg	2.474 kg	9.897 kg
	Marzo	2.485 kg	2.489 kg	2.493 kg	2.497 kg	2.491 kg	9.962 kg
	Abril	2.500 kg	2.504 kg	2.508 kg	2.512 kg	2.506 kg	10.025 kg
	Mayo	2.516 kg	2.520 kg	2.523 kg	2.527 kg	2.521 kg	10.086 kg
	Junio	2.531 kg	2.534 kg	2.538 kg	2.542 kg	2.536 kg	10.144 kg
	Julio	2.545 kg	2.549 kg	2.552 kg	2.556 kg	2.550 kg	10.201 kg
	Agosto	2.559 kg	2.562 kg	2.566 kg	2.569 kg	2.564 kg	10.256 kg
	Septiembre	2.573 kg	2.576 kg	2.579 kg	2.582 kg	2.577 kg	10.310 kg
	Octubre	2.586 kg	2.589 kg	2.592 kg	2.595 kg	2.590 kg	10.362 kg
	Noviembre	2.598 kg	2.602 kg	2.605 kg	2.608 kg	2.603 kg	10.412 kg
	Diciembre	2.611 kg	2.614 kg	2.617 kg	2.620 kg	2.615 kg	10.462 kg

*Fuente: Elaboración propia en base a información entregada por Ilustre Municipalidad de Talca*

Para finalizar, se debe tener en cuenta que el pronóstico de kilogramos de PET ingresados el año 2022 por la recolección de centros municipales de reciclaje, se ha calculado sin considerar la implementación del sistema de recolección domiciliaria, implementación que cubrirá un 53,22% de los domicilios, por lo tanto, se supone una baja de recolección en los CMR en el porcentaje antes mencionado, debido que, el 53,22% de los hogares que en la actualidad contribuyen a la recolección de CMR, en un futuro contribuirán en la recolección domiciliaria (viviendas dejan de recolectar sus residuos en CMR debido a la implementación de recolección domiciliaria).

La Tabla 14 muestra la cantidad de kilogramos total de PET pronosticados que ingresarán en el año 2022 considerando la implementación del sistema de recolección domiciliaria, alcanzando un total de 57,048 kilogramos de PET al año aproximadamente con un valor de recolección mensual comprendido entre los 4.599 y 4.894 kilogramos.

**Tabla 14: Ingreso de PET a centro de acopio considerando la implementación de recolección domiciliaria**

Mes	Recolección CMR	Recolección domiciliaria (-53,22%)	Recolección final CMR	
Enero	2.457,5 kg/sem	-1.307,9 kg/sem	1.149,6 kg/sem	4.598,54 kg/mes
Febrero	2.474,4 kg/sem	-1.316,9 kg/sem	1.157,5 kg/sem	4.630,03 kg/mes
Marzo	2.490,6 kg/sem	-1.325,5 kg/sem	1.165,1 kg/sem	4.660,41 kg/mes
Abril	2.506,3 kg/sem	-1.333,8 kg/sem	1.172,4 kg/sem	4.689,75 kg/mes
Mayo	2.521,4 kg/sem	-1.341,9 kg/sem	1.179,5 kg/sem	4.718,11 kg/mes
Junio	2.536,1 kg/sem	-1.349,7 kg/sem	1.186,4 kg/sem	4.745,56 kg/mes
Julio	2.550,3 kg/sem	-1.357,3 kg/sem	1.193,0 kg/sem	4.772,15 kg/mes
Agosto	2.564,1 kg/sem	-1.364,6 kg/sem	1.199,5 kg/sem	4.797,94 kg/mes
Septiembre	2.577,5 kg/sem	-1.371,7 kg/sem	1.205,7 kg/sem	4.822,98 kg/mes
Octubre	2.590,5 kg/sem	-1.378,7 kg/sem	1.211,8 kg/sem	4.847,30 kg/mes
Noviembre	2.603,1 kg/sem	-1.385,4 kg/sem	1.217,7 kg/sem	4.870,95 kg/mes
Diciembre	2.615,4 kg/sem	-1.391,9 kg/sem	1.223,5 kg/sem	4.893,96 kg/mes
<b>Total anual</b>				<b>57.047,66 kg/año</b>

Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.3. Disposición final de PET

En el siguiente apartado, se obtiene el cálculo total de recolección de residuos PET obtenidos por ambos sistemas mencionados con anterioridad, considerando un total de 140.696 kilogramos de PET al año aproximadamente, ingresando mensualmente entre 10.912 kg (mes de junio) y 12.645 kg (mes de diciembre) y semanalmente ingresando un máximo de 3.161 kg (considerando una semana del mes de diciembre), datos que pueden ser visualizados en la Tabla 15.

**Tabla 15: Disposición final de PET para la planta de producción de ladrillos ecológicos**

Mes	Recolección domiciliaria	Recolección CMR	Recolección total	
Enero	1.993,02 kg/sem	1.149,63 kg/sem	3.142,65 kg/sem	12.570,60 kg/mes
Febrero	1.746,82 kg/sem	1.157,51 kg/sem	2.904,33 kg/sem	11.617,32 kg/mes
Marzo	1.831,02 kg/sem	1.165,10 kg/sem	2.996,13 kg/sem	11.984,51 kg/mes
Abril	1.640,05 kg/sem	1.172,44 kg/sem	2.812,49 kg/sem	11.249,96 kg/mes
Mayo	1.678,68 kg/sem	1.179,53 kg/sem	2.858,21 kg/sem	11.432,83 kg/mes
Junio	1.541,64 kg/sem	1.186,39 kg/sem	2.728,03 kg/sem	10.912,12 kg/mes
Julio	1.599,78 kg/sem	1.193,04 kg/sem	2.792,82 kg/sem	11.171,27 kg/mes
Agosto	1.645,16 kg/sem	1.199,49 kg/sem	2.844,64 kg/sem	11.378,57 kg/mes
Septiembre	1.708,50 kg/sem	1.205,74 kg/sem	2.914,25 kg/sem	11.656,99 kg/mes
Octubre	1.802,97 kg/sem	1.211,82 kg/sem	3.014,80 kg/sem	12.059,19 kg/mes
Noviembre	1.786,72 kg/sem	1.217,74 kg/sem	3.004,46 kg/sem	12.017,83 kg/mes
Diciembre	1.937,84 kg/sem	1.223,49 kg/sem	3.161,33 kg/sem	12.645,31 kg/mes
<b>Total de recolección anual</b>				<b>140.696,49 kg/año</b>

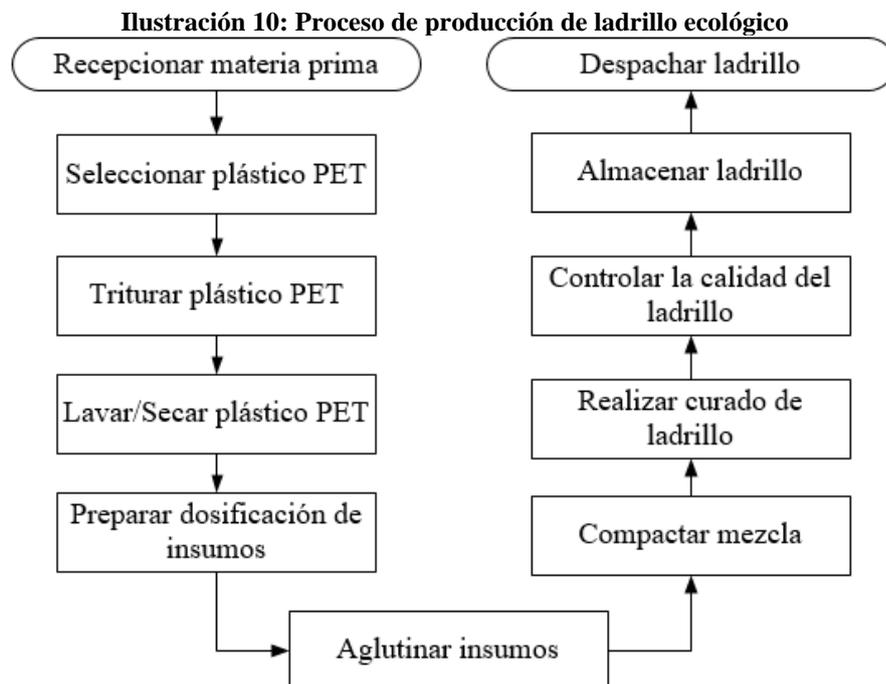
Fuente: Elaboración propia

Se observa una participación de recolección domiciliaria media de 1.742 kilogramos por semana, en comparación a la recolección en CMR media, la cual, corresponde a 1.188 kilogramos por semana, correspondiendo esta última al 40,5% de la recolección total anual, respondiendo la recolección domiciliaria con el 59,5% restante.

#### 4.4. Diseño de los procesos de producción del ladrillo ecológico

La producción del ladrillo ecológico que será desarrollado, cuenta con distintos procesos, considerando un alcance de producción desde la recepción de los residuos PET hasta el despacho del ladrillo, teniendo en cuenta entre estos procesos la selección, trituración, lavado y secado del plástico PET recolectado, para proceder a la siguiente etapa, la producción del ladrillo, donde, se realizan procesos como la preparación de dosificación de insumos, aglutinado y compactado de la mezcla, y por último, curado del ladrillo, procesos que tienen en común el realizar un cambio físico-químico en el producto final.

En este apartado se definirá cada uno de los procesos observados en la Ilustración 10, para normalizar sus funciones, acciones y capacidades a cumplir.



Fuente: Elaboración propia en base a (Katherine Campos, 2019) y (Silvana Mena, 2020)

#### 4.4.1. Diseño lógico de los procesos

Las funciones de cada uno de los procesos son definidas, con el fin de normalizar las actividades a seguir en cada uno de ellos. A continuación, se presenta la descripción de cada uno de ellos.

- **Recepcionar materia prima:** la recepción de la materia prima incluye al encargado del inventario, quien es el encargado de mantener el *stock* de insumos necesarios para la producción de ladrillos, además de, recibir el plástico PET recolectado desde ambos sistemas de recolección para disponerlo al siguiente proceso.
- **Seleccionar plástico PET:** en esta etapa de la producción se comienza a realizar una selección de los residuos reciclables recolectados de recolección domiciliaria y CMR, proceso el cuál es desarrollado con mesones de dimensiones correspondientes para facilitar la revisión y selección de plástico PET, considerando que, para la dosificación del producto, sólo es utilizado el plástico PET o tereftalato de polietileno (mayormente utilizado en botellas desechables), realizando una selección aparte para el plástico PP o polipropileno (mayormente utilizado en tapas de bebidas) y el plástico PEAD o polietileno de alta densidad (utilizado en su mayoría en envases de productos de aseo como detergentes, cloro, entre otros). Cabe mencionar que la selección del plástico PP y PEAD tiene fines de comercializar estos plásticos sin desarrollar un proceso de cambio fisicoquímico.
- **Triturar plástico PET:** el plástico PET obtenido de la selección es llevado a la planta de triturado, lavado y secado (la cual es accionada por un motor eléctrico) donde se procede a la trituración de este (mediante cuchillas que giran en un eje coaxial), para formar hojuelas de plástico PET. Esta etapa tiene como propósito disminuir el tamaño en que se presenta en primera instancia el plástico PET y así aumentar la facilidad de manejar el material para su dosificación en el producto (Katherine Campos, 2019).
- **Lavar/Secar plástico PET:** en este proceso se realizan dos etapas de lavado, los cuales están incorporados en la planta de triturado, lavado y secado mencionado el proceso anterior. La primera etapa de lavado corresponde a una separación por flotación lo cual se le llama a sumergir las hojuelas obtenidas de la trituración en agua (elemento que

tiene una densidad de  $1 \text{ g/cm}^3$ ) de tal manera que, el plástico PET se hundirá debido a su densidad de  $1,33 \text{ g/cm}^3$  (Lizeth Rodríguez, 2016) y el plástico PP que forme parte de las hojuelas flotará debido a su densidad que es desde  $0,895 \text{ g/cm}^3$  y  $0,92 \text{ g/cm}^3$ . De esta manera se realiza una separación definitiva entre el PET y los otros tipos de plásticos.

La siguiente etapa corresponde al lavado de tratamiento en caliente, lo cual implica someter las hojuelas a agua en altas temperaturas ( $70^\circ\text{C}$  a  $90^\circ\text{C}$ ) con el fin de remover aquellos contaminantes de compleja extracción, como lo puede ser el pegamento, aceite y grasa (Tecnología de los plásticos, 2011).

Por último, el proceso final en la planta es el secado, el cual es realizado mediante deshidratación, sometiendo las hojuelas a fuerza centrífuga y por último a un sistema de secado con aire caliente.

- **Preparar dosificación de insumos:** corresponde al pesaje de cada uno de los insumos utilizados para la producción del ladrillo ecológico. Se debe medir la cantidad de kilogramos de cemento, aditivo, gravilla, arena, PET y agua que se utilizará dependiendo de la capacidad de la planta de producción de ladrillos dispuesta, preparando la cantidad adecuada según las dosificaciones por metro cúbico observado en la Tabla 5 considerando la zona 1 según la NCh167. Para esto se dispondrá de seis contenedores, uno para cada tipo de insumo.
- **Aglutinar insumos:** en este proceso se ingresan los insumos dosificados a la planta de producción de ladrillos para la obtención del producto, el cual debe estar en funcionamiento hasta generar una mezcla homogénea. Este proceso consiste sólo en verter las dosis de insumos preparados en el proceso anterior mencionado.
- **Compactar mezcla:** proceso realizado por la planta de producción de ladrillos, la cual cumple con la función de automatizar el compactado del producto y facilitar su almacenamiento debido al cómo sistema de apilado de ladrillos que este posee.
- **Realizar curado de ladrillo:** el curado del ladrillo cumple con la finalidad de mantener la humedad deseada en el ladrillo, de tal manera de cuidar las propiedades del ladrillo (como la resistencia a la compresión). Este proceso consiste en mantener húmedo el producto por un periodo de mínimo siete días, por lo que se humedecerá el producto una

vez por día y será tapado para mantener la humedad en su entorno. Cabe mencionar que para este proceso puede ser utilizada agua no potable siempre y cuando sus impurezas no alteren las propiedades del concreto (Katherine Campos, 2019).

Para este proceso se utilizará el método de curado por inundación, cuidando que la temperatura del agua a utilizar en los estanques debe ser mayor a 10°C aproximadamente. El método descrito es el más eficiente para mantener la calidad del ladrillo (Melón, 2016).

- **Controlar la calidad del ladrillo:** para controlar la calidad de ladrillo, este será sometido a mediciones de dimensionado y humedad. El fin de este punto es que el producto mantenga siempre un mismo aspecto y calidad.
- **Almacenar ladrillo:** el almacenado del ladrillo será realizado de manera en que se apilen 400 los ladrillos sobre un pallet de dimensiones de (1,2x1) m de superficie para facilitar su despacho al momento de ser utilizado.

#### 4.4.2. Capacidad y flujo de los procesos

En este apartado en que se define la capacidad y flujo de los procesos, se utiliza la proyección de producción mayor, la cual se obtiene en el mes de diciembre, con una recolección semanal de 3.161 kg de plástico. Además, la jornada laboral será de ocho horas trabajando un total de cinco días a la semana (40 horas semanales).

A continuación, se desarrolla la capacidad que tendrá cada uno de los procesos descritos con anterioridad.

- **Seleccionar plástico PET:** para este proceso se considera la entrada de plásticos totales en la semana que se obtiene un mayor número de recolección según el pronóstico desarrollado en el apartado 4.3.3, alcanzando este máximo en el mes de diciembre con un total de 3.161 kilogramos entrantes de plástico por semana aproximadamente, con lo cual, considerando un total de 40 horas por semana, la entrada por hora es de aproximadamente 79 kilogramos de plástico y 632,27 kilogramos por día.

Teniendo en cuenta que no existen datos históricos en selección de residuos en el centro de acopio municipal, se ha realizado un estudio del proceso, en donde se toma una muestra de aproximadamente 283 kilogramos de plástico recolectados en diez maxi sacas y se han sometido al proceso de selección con dos seleccionadores. En este estudio se mide el tiempo del proceso por maxi saca seleccionada, separando el plástico en PET, HDPE y PP (observar Anexo 24), recordando que para el proyecto sólo aplica el plástico PET. De esta manera, se obtiene como resultado del estudio que el tiempo promedio por kilogramo seleccionado es de 59 segundos entre dos seleccionadores, siendo utilizado para el proyecto sólo el 61,87%, lo cual puede ser observado en la Tabla 16.

**Tabla 16: Resumen datos obtenidos por estudio del proceso de selección de plásticos en centro de acopio**

<b>T. promedio por saca</b>	0:27:27	
<b>T. promedio por kg</b>	0:00:59	
<b>Total kg entrada</b>	282,96 kg	100,00%
<b>Desecho</b>	59,27 kg	20,95%
<b>Salida PET</b>	175,08 kg	61,87%
<b>Salida HDPE</b>	34,08 kg	12,04%
<b>Salida PP</b>	14,53 kg	5,14%

Fuente: Elaboración propia

Una vez obtenidos los resultados del estudio se define la cantidad de turnos que se debe cubrir para cumplir con la capacidad del proceso, se calcula la cantidad de kilogramos que se seleccionan por turno, considerando un tiempo de trabajo real del 75% (observar Ecuación 10)

**Ecuación 10: Cálculo de capacidad de turno de proceso de selección**

$$366,1 \frac{kg}{turno} = \frac{1}{59 \frac{segundo}{kg} \times \frac{hora}{3.600 \text{ segundo}} \times \frac{turno}{8 \text{ hora}}} \times 0,75$$

Fuente: Elaboración propia

Con la capacidad de proceso definida, se compara la recolección diaria que será recibida en el centro de acopio, el cual es de 632,27 kilogramos de plástico, número que puede ser cubierto por dos turnos que trabajarán un tiempo real del 61,35%. Se considera que los colaboradores del proceso tendrán el trabajo extra de acopiar los insumos debido al no menor tiempo de ocio que tienen sin este trabajo agregado.

De esta manera, se contará con dos mesas de selección, manipuladas cada una por dos seleccionadores (un total de cuatro seleccionadores).

- **Triturar, lavar y secar plástico PET:** en este proceso se considera una entrada de plástico PET de aproximadamente 1.956 kilogramos por semana (considerando que el plástico PET equivale al 61,87% del plástico recolectado luego de pasar por proceso de selección). Considerando 40 horas de trabajo de la planta de trituración, lavado y secado, la capacidad que debe tener la planta a utilizar es de mínimo 48,9 kg/hora.

La planta seleccionada en el apartado 4.5.1 cuenta con una capacidad de 300 kg/hora, de tal manera que sólo se requiere un total de trabajo de 6,43 horas semanal sin ocio y, considerando un ocio de 25%, se requiere un total de 8,04 horas de trabajo a la semana., razón por la cual los operarios de la planta trabajarán un total de dos horas al día con contrato *part-time* (visualizar Ecuación 11). Además, es importante mencionar que las características entregadas por el proveedor, especifica que el personal utilizado para accionar la planta es de cuatro personas (Alibaba, 2021).

**Ecuación 11: Cálculo de horas al día de trabajo para la planta de trituración, lavado y secado**

$$1,6 \frac{\text{hora}}{\text{días}} = \frac{1929 \frac{\text{kg}}{\text{semana}}}{300 \frac{\text{kg}}{\text{hora}}} \times 1,25 \times \frac{1 \text{ semana}}{5 \text{ días}}$$

Fuente: Elaboración propia

La primera etapa de este proceso es la separación de etiquetas, para la que se ha calculado el peso promedio de una etiqueta con la medición de diez etiquetas tamaño estándar (botellas de uno a tres litros), la cual puede ser observada en el Anexo 25, además se ha medido el peso de una botella, considerando una botella de tres litros (observar Anexo 26) y, por último, se ha realizado una medición de golillas de plástico PP que se ubican en el cuello de la botella (visualizar Anexo 27) para ser considerado como desecho en el lavado.

De esta manera se obtiene la cantidad correspondiente a cada uno de los componentes de la botella de plástico (observar Tabla 17), con lo que se puede obtener un total de desecho del proceso de separación de etiqueta igual a 27 kg, pasando al siguiente proceso de trituración un total de 1.928 kg.

Tabla 17: Resumen de kg correspondientes a cada componente de botella

Componente	g/unidad	%	Total kg/semana
Botella (PET)	53,4	98,0%	1.917
Etiqueta	0,76	1,4%	27
Golilla (PP)	0,32	0,6%	11
<b>Total</b>	<b>54,48</b>	<b>100%</b>	<b>1.956</b>

Fuente: Elaboración propia

Para el proceso de trituración se debe tener en cuenta que no existe una eliminación o ingreso de componentes, sin embargo, el siguiente proceso es el lavado, en donde se consume un total de una tonelada de agua por hora de proceso (capacidad de la planta de 300 kg/h) se puede obtener la cantidad de agua consumida en una semana en la Ecuación 12 la cual indica un total de 6.430 litros consumidos. Además, en esta etapa del proceso, el lavado provoca la eliminación de partículas de plástico PP calculadas en la Tabla 17, por lo tanto, el plástico PET utilizable disminuye once kilogramos, quedando finalmente para el proceso de secado un total de 1.917 kg de plástico en hojuelas.

Ecuación 12: Cálculo de consumo de agua semanal por proceso de lavado

$$6.430 \frac{\text{litros agua}}{\text{semana}} = \frac{1.929 \frac{\text{kg PET}}{\text{semana}}}{300 \frac{\text{kg PET}}{\text{hora}}} \times 1.000 \frac{\text{litros agua}}{\text{hora}}$$

Fuente: Elaboración propia

Para finalizar, el proceso de secado de la planta especifica que elimina el agua utilizada en el lavado, dejando cómo máximo una humedad en las hojuelas igual al 1%, por lo que, se asume que se eliminan 6.411 litros de agua, conservándose 19 litros en los 1.917 kg de hojuelas de PET obtenidas de la planta de triturado, lavado y secado.

- **Calcular dosificación de insumos:** el proceso de la dosificación de insumos estará recibiendo un total de 1.918 kg de PET por semana en el mes con mayor producción (mes de diciembre), de tal manera que, se calcula la cantidad de insumos que se requiere para el aprovechamiento de la totalidad de PET. Para este cálculo se tiene en cuenta las cantidades de metros cúbicos a producir (Anexo 28) y la cantidad de insumos a utilizar para la producción (ver Anexo 29).

En la Tabla 18 se visualiza que, para el mes con mayor producción, y en consecuencia, mayor requerimiento de capacidad, es necesario dosificar aproximadamente 1,37 m<sup>3</sup>/hora, lo que significa una dosificación de 0,02 m<sup>3</sup>/minuto, proceso que puede ser realizado por dos trabajadores debido la exigencia de trabajo con grandes pesos considerando la alta densidad que tiene la gravilla y arena.

**Tabla 18: Resumen de dosificación de insumos por periodo de tiempo**

Insumo	kg/semana	kg/hora	kg/min
PET	1.918	48	0,8
Agua	9.866	247	4,1
Cemento	20.718	518	8,6
Aditivo	126	3	0,1
Gravilla	63.687	1.592	26,5
Arena	31.515	788	13,1
<b>Total kg</b>	<b>127.830</b>	<b>3.196</b>	<b>53,3</b>
<b>Total m3</b>	<b>54,81</b>	<b>1,37</b>	<b>0,02</b>

*Fuente: Elaboración propia*

- **Aglutinar insumos y compactar mezcla:** para el proceso de aglutinado y compactado de mezcla (producción del ladrillo), es necesario procesar la cantidad de mezcla dosificada en el proceso anteriormente descrito, por lo que la capacidad que debe de cumplir la mezcladora, transportador de tornillo y planta de producción de ladrillos es de 1,37 m<sup>3</sup> (visualizar Tabla 18).

Considerando la selección de mezcladoras del apartado 4.5.3, la máquina seleccionada cumple con una capacidad de aglutinado de 7 m<sup>3</sup>/hora, el transportador de tornillo seleccionado en el 4.5.4 cuenta con una capacidad de transporte de 2 m<sup>3</sup>/hora y la planta de producción de ladrillos seleccionada en el apartado 4.5.2 tiene una capacidad de 2,2 m<sup>3</sup>/hora.

De esta manera, se considera que, con un trabajador a cargo de liberar la mezcla, accionar el transportador y operar la máquina (automática) se logra cumplir con la capacidad sin problemas.

- **Realizar curado de ladrillo:** para desarrollar la capacidad del proceso de curado de ladrillo, se debe en primer lugar obtener el número de ladrillos que se producirán, los que son un total de 30.948 ladrillos por semana aproximadamente, considerando 40

horas de trabajo por semana, es un total de 774 ladrillos por hora o 13 ladrillos por minuto. En este proceso se consideran dos trabajadores con el fin del agilizar el manejo de transpaleta utilizada para movilizar los ladrillos producidos hasta la zona de curado, sumergir los ladrillos en los estanques con agua y mantener los estanques con el agua debida para el proceso.

Además, se consideran estanques de dimensiones (1x1x1,3) m, los que serán cargados con un total de 648 ladrillos, utilizando un 88% de su capacidad (1,15 m<sup>3</sup>) para rellenar el 12% restante con agua (0,15 m<sup>3</sup>). De esta manera, se calcula la cantidad de estanques que se debe disponer para cubrir la producción semanal (teniendo en cuenta producción semanal de 30.948 ladrillos y capacidad de estanque de 648 ladrillos), obteniendo un total de 48 estanques.

- **Almacenar ladrillo:** para el almacenado se requiere apilar los ladrillos producidos en pallets de 400 ladrillos, lo que implica la utilización de 78 pallets para cubrir la producción semanal. Al igual que el proceso de curado, se debe almacenar una cantidad de 774 ladrillos por hora, lo que implica una cantidad de 13 ladrillos por minuto, por lo que se utiliza dos trabajadores con el fin de aliviar el trabajo con un producto de peso considerable.

Con la capacidad de los procesos ya definida se puede desarrollar el balance de masa de los procesos, el cual puede ser observado en el Anexo 30.

## 4.5. Selección de tecnologías

En el siguiente apartado se definen las plantas a utilizar en el proceso de producción del ladrillo ecológico, las cuales son una planta de trituración, lavado y secado del plástico PET y una planta de producción de ladrillos. Para la selección de las plantas se ha utilizado un método llamado “Proceso de análisis jerárquico” o AHP.

### 4.5.1. Selección de planta de trituración, lavado y secado de plástico PET

Para la selección de la planta de trituración, lavado y secado de plástico PET se ha realizado una cotización de varias plantas, de las cuales se han elegido tres para someter a un proceso de

selección mediante el método de proceso de análisis jerárquico. Estas plantas son de la marca MOOGE, Suzhou Acc Machine y Meenchi.

Para una selección efectiva de la planta, se han definido cuatro criterios para comparar, los cuales son presentados a continuación:

- **Valor de inversión:** es el precio comercial que tiene la planta cotizada (en CLP\$), teniendo en cuenta que, lo precios obtenidos son considerando la compra de una planta (el precio baja según la cantidad de plantas que se compran a la empresa).
- **Superficie requerida:** cantidad de metros cuadrados que utiliza la planta según los detalles especificados en la cotización del producto.
- **Consumo energético específico:** es la cantidad de kWh que se consume por procesar un kilogramo de plástico PET. Para este cálculo, se considera la potencia (kW) y capacidad (kg/h) especificadas en los detalles de la planta (observar Ecuación 13). Es importante mencionar que se toma la decisión de tomar este criterio y no la potencia utilizada debido que es más representativo del gasto de energía realizar una comparación entre la potencia y la capacidad de producción.

**Ecuación 13: Cálculo de consumo energético específico**

$$\text{Consumo energético} \left( \frac{kWh}{kg} \right) = \frac{\text{Potencia}(kW)}{\text{Capacidad} \left( \frac{kg}{h} \right)}$$

*Fuente: Elaboración propia*

- **Consumo de agua específico:** es la cantidad de litros de agua consumida por un kilogramo de plástico PET procesado. Este valor se obtiene mediante la obtención de toneladas de agua utilizadas por hora de trabajo (t/h) y la capacidad de la planta (kg/h), ambos datos especificados en el detalle de la planta. La manera de obtener este indicador se puede observar en la Ecuación 14, considerando que, al igual que el consumo energético, se considera más relevante la comparación del consumo de agua por sobre la capacidad a la cantidad de agua consumida por hora.

**Ecuación 14: Cálculo de consumo de agua específico**

$$\text{Consumo de agua} \left( \frac{l}{kg} \right) = \frac{\text{Consumo por hora} \left( \frac{l}{h} \right) \times 1.000 \left( \frac{l}{t} \right)}{\text{Capacidad} \left( \frac{kg}{h} \right)}$$

*Fuente: Elaboración propia*

Ya definidos los criterios a utilizar para la selección de la planta, se realiza el proceso de análisis jerárquico, donde en primer lugar se define cuál criterio es más importante por sobre otro, respuesta la cual se responde según las siguientes consideraciones:

- El valor de la inversión es levemente más importante que la superficie requerida, debido que, según la localización que la Ilustre Municipalidad de Talca plantea, no existe un límite máximo extremo de superficie de trabajo, sin embargo, siempre es importante minimizar la cantidad de superficie a utilizar.
- El valor de la inversión es levemente más importante que el consumo energético específico, debido que, considerando un valor de la energía base que es de CLP\$121,7 más el valor por uso del sistema troncal CLP\$0,7 (BCN, 2015) se obtiene que el consumo anual de cada planta corresponde aproximadamente al 6%, 5% y 32% del costo de la inversión respectivamente, razón por la cual, se considera ese nivel de importancia de la inversión por sobre el consumo energético.
- El valor de inversión es fuertemente más importante que el consumo de agua específico, debido que, considerando un precio de CLP\$851,75 por metro cúbico de agua consumido (Aguas Nuevo Sur, 2017) se obtiene que el consumo anual de agua de cada planta corresponde aproximadamente al 1,1%, 0,7% y 1,9% del costo de la inversión respectivamente, razón por la cual, se considera ese nivel de importancia de la inversión por sobre el consumo de agua por kilogramo procesado.

Con los puntos descritos anteriormente, se pueden realizar el desarrollo del Anexo 31 y Anexo 32 para así obtener una cuantificación de la importancia que tiene un criterio sobre otro, el cual puede ser observado en la Tabla 19.

**Tabla 19: AHP cuantificación de importancia de un criterio sobre otro criterio, planta de triturado**

Criterios	Valor de inversión	Superficie requerida	Consumo energético específico	Consumo de agua específico
Valor de inversión	1	3	3	7
Superficie requerida	1/3	1	1	5
Consumo energético específico	1/3	1	1	3
Consumo de agua específico	1/7	1/5	1/3	1

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 20 se puede observar las ponderaciones obtenidas de cada uno de los criterios mencionados para la selección de la planta de triturado, lavado y secado, criterios de los cuales cabe mencionar que el más importante es el valor de inversión que tiene una importancia del 53%, y el criterio con menor importancia, el cual es el consumo de agua específico con un 6% de importancia. Cabe mencionar que la razón de consistencia ha arrojado un valor de 0,022 por lo cual, se pueden utilizar las ponderaciones debido a su consistencia.

**Tabla 20: Ponderación de criterios de selección de planta de triturado, lavado y secado**

Criterio	Ponderación
Valor de inversión	53%
Superficie requerida	22%
Consumo energético específico	19%
Consumo de agua específico	6%

Fuente: Elaboración propia

Una vez obtenidas las ponderaciones de cada criterio, se realiza un resumen de las características de las tres plantas a evaluar, el cual puede ser observado en la Tabla 21. De esta manera, con los datos recopilados, se realiza la evaluación de las plantas (visualizar Tabla 22), en donde se obtiene como resultado, la selección de la planta de modelo Meenchi, la cual tiene un costo de CLP\$21.465.365, ocupando un total de 120 m<sup>2</sup> de superficie, una capacidad de 300 kilogramos por hora, consumo energético específico de 0,4 kWh por kilogramo y un consumo de agua específico de 3,3 litros por kilogramo. Es importante mencionar que esta planta requiere de un personal de cuatro operarios.

**Tabla 21: Características de plantas de triturado, lavado y secado cotizadas**

Criterio	MOOGE	Suzhou Acc Machine	Meenchi
Valor de inversión (\$CLP)	\$111.031.575	\$72.540.629	\$21.465.365
Superficie requerida (m <sup>2</sup> )	192,5	420	120
Consumo energético específico	0,37	0,216	0,4
Consumo de agua específico (l/kg)	10	4	3,3

Fuente: Elaboración propia en base a (Alibaba, 2021), (Alibaba, 2021), (Alibaba, 2021)

**Tabla 22: Evaluación de plantas de trituración, lavado y secado de PET**

Criterio	Ponderación	Planta de trituración, lavado y secado de PET		
		MOOGE	Suzhou Acc Machine	Meenchi
Valor de inversión	53%	1,4	2,1	7,0
Superficie requerida	22%	4,4	2,0	7,0
C. energético específico	19%	4,1	7,0	3,8
C. de agua específico	6%	2,3	5,8	7,0
<b>Puntaje final</b>		<b>2,6</b>	<b>3,2</b>	<b>6,4</b>

Fuente: Elaboración propia

#### 4.5.2. Selección de planta productora de ladrillos

Para la selección de la planta productora de ladrillos se ha realizado una cotización de varias plantas, de las cuales se han elegido tres para someter a un proceso de selección mediante el método de proceso de análisis jerárquico. Estas plantas son de modelo QT4-25C HCB, QT4-24B y QT4-15.

Para una selección efectiva de la planta, se han definido cuatro criterios para comparar, los cuales son presentados a continuación:

- **Valor de inversión:** es el precio comercial que tiene la planta cotizada (en CLP\$), teniendo en cuenta que, lo precios obtenidos son considerando la compra de una planta (el precio baja según la cantidad de plantas que se compran a la empresa).
- **Superficie requerida:** cantidad de metros cuadrados que utiliza la planta según los detalles especificados en la cotización del producto.
- **Consumo energético específico:** es la cantidad de kWh que se consume por procesar un metro cúbico de plástico PET. Para este cálculo, se considera la potencia (kW) y

capacidad (m<sup>3</sup>/h) especificadas en los detalles de la planta (observar Ecuación 13). Es importante mencionar que se toma la decisión de tomar este criterio y no la potencia utilizada debido que es más representativo del gasto de energía realizar una comparación entre la potencia y la capacidad de producción.

- **Diferencia del volumen esperado del producto:** es el porcentaje de diferencia que existe entre el volumen del ladrillo esperado y el volumen del ladrillo a producir por la planta. Se debe considerar un volumen de 3.150 cm<sup>3</sup>, con un ladrillo estándar de dimensiones (30x15x7) cm. La fórmula de cálculo del presente criterio se puede observar en la Ecuación 15.

**Ecuación 15: Cálculo de diferencia de volumen del ladrillo producido**

$$\text{diferencia de volumen}(\%) = \frac{\text{volumen ladrillo producido} (cm^3)}{\text{volumen ladrillo esperado}(cm^3)} \times 100$$

*Fuente: Elaboración propia*

Ya definidos los criterios a utilizar para la selección de la planta, se realiza el proceso de análisis jerárquico, donde en primer lugar se define cuál criterio es más importante por sobre otro, respuesta que se responde según las siguientes consideraciones:

- El valor de la inversión es levemente más importante que la superficie requerida, debido que, según la localización que la Ilustre Municipalidad de Talca plantea, no existe un límite máximo extremo de superficie de trabajo, sin embargo, siempre es importante minimizar la cantidad de superficie a utilizar.
- El valor de la inversión es levemente más importante que el consumo energético específico, debido que, considerando un valor de la energía base que es de CLP\$121,7 más el valor por uso del sistema troncal CLP\$0,7 (BCN, 2015) se obtiene que el consumo anual de cada planta corresponde aproximadamente al 14%, 35% y 14% del costo de la inversión respectivamente, razón por la cual, se considera ese nivel de importancia de la inversión por sobre el consumo energético.
- El valor de inversión es total y absolutamente más importante que la diferencia de volumen esperado del producto, debido que, este último criterio mencionado, no

presenta una limitante para producir, tomando una escasa importancia al comparar con los demás criterios.

Con los puntos descritos anteriormente, se pueden realizar el desarrollo del Anexo 33 y Anexo 34 para así obtener una cuantificación de la importancia que tiene un criterio sobre otro, el cual puede ser observado en la Tabla 23.

**Tabla 23: AHP cuantificación de importancia de un criterio sobre otro criterio, P. producción de ladrillo**

Criterios	Valor de inversión	Superficie requerida	Consumo energético	Diferencia de volumen esperado del producto
Valor de inversión	1	3	3	9
Superficie requerida	1/3	1	1	7
Consumo energético	1/3	1	1	7
Diferencia de volumen esperado del producto	1/9	1/7	1/7	1

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 24 se pueden observar las ponderaciones obtenidas de cada uno de los criterios mencionados para la selección de la planta producción de ladrillos, criterios de los cuales cabe mencionar que el más importante es el valor de inversión que tiene una importancia del 53%, siendo el criterio con menor importancia la diferencia de volumen esperado con sólo un 4%. Cabe mencionar que la razón de consistencia ha arrojado un valor de 0,034 por lo cual, se pueden utilizar las ponderaciones debido a su consistencia.

**Tabla 24: Ponderación de criterios de selección de planta de producción de ladrillos**

Criterio	Ponderación
Valor de inversión	53%
Superficie requerida	22%
Consumo energético específico	22%
Diferencia de volumen esperado del producto	4%

Fuente: Elaboración propia

Una vez obtenidas las ponderaciones de cada criterio, se realiza un resumen de las características de las tres plantas a evaluar, el cual puede ser observado en la Tabla 25. De esta manera, con los datos recopilados, se realiza la evaluación de las plantas (visualizar Tabla 26), en donde se obtiene como resultado, la selección de la planta de modelo QT4-24B, la cual tiene un costo de CLP\$5.181.474, ocupando un total de 3,56 m<sup>2</sup> de superficie, una capacidad de 2,2

metros cúbicos por hora y un consumo energético específico de 6 kWh por metro cúbico. Es importante mencionar que esta planta requiere de un operario a cargo del manejo de esta.

**Tabla 25: Características de plantas de producción de ladrillos**

Criterio	QT4-25C HCB	QT4-24B	QT4-15
Valor de inversión (\$CLP)	\$6.291.790	\$5.181.474	\$13.767.916
Superficie requerida (m <sup>2</sup> )	9,60	3,56	7,20
Consumo energético específico (kWh/m <sup>3</sup> )	3,0	6,0	6,6
Diferencia de volumen esperado del producto	54%	44%	38%

Fuente: Elaboración propia en base a (Alibaba, 2021), (Alibaba, 2021) y (Alibaba, 2021)

**Tabla 26: Evaluación de plantas de producción de ladrillos**

Criterio	Ponderación	Planta de producción de ladrillo		
		QT4-25C HCB	QT4-24B	QT4-15
Valor de inversión	53%	5,8	7,0	2,6
Superficie requerida	22%	2,6	7,0	3,5
Consumo energético específico	22%	7,0	3,4	3,2
Diferencia de volumen esperado del producto	4%	5,0	6,1	7,0
<b>Puntaje final</b>		<b>5,3</b>	<b>6,2</b>	<b>3,1</b>

Fuente: Elaboración propia

#### 4.5.3. Selección de mezcladora

Para la selección de la mezcladora, se ha realizado una cotización de varias marcas de esta, de las cuales se han elegido tres para someter a un proceso de selección mediante el método de proceso de análisis jerárquico. Estas mezcladoras son de la marca Xiangrong, Shengya y Tobemac. También cabe mencionar que, las tres mezcladoras presentan algunas características iguales, como lo son la capacidad de carga de 350 litros y una potencia de 5,5 kW, características que, por lo mencionado, no es necesario tener en cuenta para la selección.

Para una selección efectiva, se han definido tres criterios para comparar, los cuales son presentados a continuación:

- **Valor de inversión:** es el precio comercial que tiene la mezcladora cotizada (en CLP\$), teniendo en cuenta que, lo precios obtenidos son considerando la compra de un solo producto (el precio baja según la cantidad de mezcladoras que se compran a la empresa).
- **Superficie requerida:** cantidad de metros cuadrados que utiliza la máquina mezcladora según los detalles especificados en la cotización del producto.

- **Consumo energético específico:** es la cantidad de kWh que se consume por procesar un metro cúbico de mezcla de utilizada para producción de ladrillo. Para este cálculo, se considera la potencia (kW) y capacidad de proceso (m<sup>3</sup>/h) especificadas en los detalles del activo a adquirir (observar Ecuación 13). Es importante mencionar que se toma la decisión de tomar este criterio y no la potencia utilizada debido que es más representativo del gasto de energía realizar una comparación entre la potencia y la capacidad de producción.

Ya definidos los criterios a utilizar para la selección de la mezcladora, se realiza el proceso de análisis jerárquico, donde en primer lugar se define cuál criterio es más importante por sobre otro, respuesta que se responde según las siguientes consideraciones:

- El valor de la inversión es levemente más importante que la superficie requerida, debido que, según la localización que la Ilustre Municipalidad de Talca plantea, no existe un límite máximo extremo de superficie de trabajo, sin embargo, siempre es importante minimizar la cantidad de superficie a utilizar.
- El consumo energético específico es moderadamente más importante que el valor de la inversión, debido que, considerando un valor de la energía base que es de CLP\$121,7 más el valor por uso del sistema troncal CLP\$0,7 (BCN, 2015) se obtiene que el consumo anual de cada mezcladora corresponde aproximadamente al 79,8%, 34,4% y 108,5% del costo de la inversión respectivamente, razón por la cual, se considera ese nivel de importancia del consumo energético específico por sobre el valor de la inversión.

Con los puntos descritos anteriormente, se pueden realizar el desarrollo del Anexo 35 y Anexo 36 para así obtener una cuantificación de la importancia que tiene un criterio sobre otro, el cual puede ser observado en la Tabla 27.

**Tabla 27: AHP cuantificación de importancia de un criterio sobre otro criterio de mezcladora**

Criterios	Valor de inversión	Superficie requerida	Consumo energético específico
Valor de inversión	1	3	1/5
Superficie requerida	1/3	1	1/9
Consumo energético específico	5	9	1

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 28 se pueden observar las ponderaciones obtenidas de cada uno de los criterios mencionados para la selección de la mezcladora, criterios de los cuales cabe mencionar que el más importante es el consumo energético específico que tiene una importancia del 75%, siendo el criterio con menor importancia la superficie requerida por el equipo con sólo un 7%. Cabe mencionar que la razón de consistencia ha arrojado un valor de 0,025 por lo cual, se pueden utilizar las ponderaciones debido a su consistencia.

**Tabla 28: Ponderación de criterios de selección de mezcladora**

Criterio	Ponderación
Valor de inversión	18%
Superficie requerida	7%
Consumo energético específico	75%

Fuente: Elaboración propia

Una vez obtenidas las ponderaciones de cada criterio, se realiza un resumen de las características de las tres máquinas a evaluar, el cual puede ser observado en la Tabla 29Tabla 25. De esta manera, con los datos recopilados, se realiza la evaluación de las mezcladoras (visualizar Tabla 30), en donde se obtiene como resultado, la selección de la mezcladora de marca Shengya, la cual tiene un costo de CLP\$681.015, ocupando un total de 1,44 m<sup>2</sup> de superficie, una capacidad de producción de 7 metros cúbicos por hora y un consumo energético específico de 0,786 kWh por metro cúbico. Es importante mencionar que esta mezcladora requiere de un operario a cargo del manejo de esta.

**Tabla 29: Características de mezcladoras**

Criterio	Xiangrong	Shengya	Tobemac
Valor de inversión (SCLP)	\$643.181	\$681.015	\$378.342
Superficie requerida (m2)	2,10	1,44	1,28
Consumo energético específico (kWh/m3)	1,719	0,786	1,375

Fuente: Elaboración propia en base a (Alibaba, 2021), (Alibaba, 2021) y (Alibaba, 2021)

Tabla 30: Evaluación de mezcladoras

Criterio	Ponderación	Mezcladora		
		Xiangrong	Shengya	Tobemac
Valor de inversión	18%	4,1	3,9	7,0
Superficie requerida	7%	4,3	6,2	7,0
Consumo energético específico	75%	3,2	7,0	4,0
<b>Puntaje final</b>		<b>3,4</b>	<b>6,4</b>	<b>4,8</b>

Fuente: Elaboración propia

#### 4.5.4. Selección de transportador de tornillo

Para la selección del transportador de tornillo, se ha realizado una cotización de distintos modelos, de las cuales se han elegido tres para someter a un proceso de selección mediante el método de proceso de análisis jerárquico. Estos transportadores son del modelo LSY108, LSY100 (ambos de la marca Dayong) y MF-S1-2K (marca Jiaying).

Para una selección efectiva, se han definido tres criterios para comparar, los cuales son presentados a continuación:

- **Valor de inversión:** es el precio comercial que tiene el transportador de tornillo cotizado (en CLP\$), teniendo en cuenta que, los precios obtenidos son considerando la compra de un solo producto (el precio baja según la cantidad de transportadores que se compran a la empresa).
- **Superficie requerida:** cantidad de metros cuadrados que utiliza el transportador de tornillo según los detalles especificados en la cotización del producto.
- **Consumo energético específico:** es la cantidad de kWh que se consume por transportar una tonelada de mezcla utilizada para producción de ladrillo. Para este cálculo, se considera la potencia (kW) y capacidad de transporte (t/h) especificadas en los detalles del activo a adquirir (observar Ecuación 13). Es importante mencionar que se toma la decisión de tomar este criterio y no la potencia utilizada debido que es más representativo del gasto de energía realizar una comparación entre la potencia y la capacidad de transporte.

Ya definidos los criterios a utilizar para la selección del transportador de tornillo, se realiza el proceso de análisis jerárquico, donde en primer lugar se define cuál criterio es más importante por sobre otro, respuesta que se responde según las siguientes consideraciones:

- El valor de la inversión es total y absolutamente más importante que la superficie requerida, debido que, según la localización que la Ilustre Municipalidad de Talca plantea, no existe un límite máximo extremo de superficie de trabajo, además que, la superficie utilizada por este tipo de máquina es muy pequeña.
- El valor de inversión es levemente más importante que el consumo energético específico, debido que, considerando un valor de la energía base que es de CLP\$121,7 más el valor por uso del sistema troncal CLP\$0,7 (BCN, 2015) se obtiene que el consumo anual de cada transportador de tornillo corresponde aproximadamente al 4,2%, 15,2% y 9,9% del costo de la inversión respectivamente, razón por la cual, se considera ese nivel de importancia del valor de inversión por sobre el consumo energético específico.

Con los puntos descritos anteriormente, se pueden realizar el desarrollo del Anexo 37 y Anexo 38 para así obtener una cuantificación de la importancia que tiene un criterio sobre otro, el cual puede ser observado en la Tabla 31.

**Tabla 31: AHP cuantificación de importancia de un criterio sobre otro criterio de transportador de tornillo**

Criterios	Valor de inversión	Superficie requerida	Consumo energético específico
Valor de inversión	1	9	3
Superficie requerida	1/9	1	1/5
Consumo energético específico	1/3	5	1

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 32 se pueden observar las ponderaciones obtenidas de cada uno de los criterios mencionados para la selección del transportador, criterios de los cuales cabe mencionar que el más importante es el valor de inversión que tiene una importancia del 67%, siendo el criterio con menor importancia la superficie requerida por el equipo con sólo un 6%. Cabe mencionar que la razón de consistencia ha arrojado un valor de 0,025 por lo cual, se pueden utilizar las ponderaciones debido a su consistencia.

**Tabla 32: Ponderación de criterios de selección de transportador de tornillo**

Criterio	Ponderación
Valor de inversión	67%
Superficie requerida	6%
Consumo energético específico	27%

Fuente: Elaboración propia

Una vez obtenidas las ponderaciones de cada criterio, se realiza un resumen de las características de las tres máquinas a evaluar, el cual puede ser observado en la Tabla 33. De esta manera, con los datos recopilados, se realiza la evaluación de los transportadores (visualizar Tabla 34), en donde se obtiene como resultado, la selección del transportador de tornillo modelo MF-S1-2K de la marca Jiaxing, el cual tiene un costo de CLP\$1.210.692, ocupando un total de 0,15 m<sup>2</sup> de superficie, una capacidad de transporte de dos metros cúbicos por hora y un consumo energético específico de 0,172 kWh por tonelada. Es importante mencionar que este transportador requiere de un operario a cargo de su manejo.

**Tabla 33: Características de transportadores de tornillo**

Criterio	DY - LSY108	DY - LSY100	MF-S1-2K
Valor de inversión (SCLP)	\$4.540.095	\$1.437.697	\$1.210.692
Superficie requerida (m2)	0,16	0,13	0,15
Consumo energético específico (kWh/t)	0,275	0,314	0,172

Fuente: Elaboración propia en base a (Alibaba, 2021), (Alibaba, 2021) y (Alibaba, 2021)

**Tabla 34: Evaluación de transportadores de tornillo**

Criterio	Ponderación	Transportador de tornillo		
		DY - LSY108	DY - LSY100	MF-S1-2K
Valor de inversión	67%	1,9	5,9	7,0
Superficie requerida	6%	5,8	7,0	6,2
Consumo energético específico	27%	4,4	3,8	7,0
<b>Puntaje final</b>		<b>2,8</b>	<b>5,4</b>	<b>6,9</b>

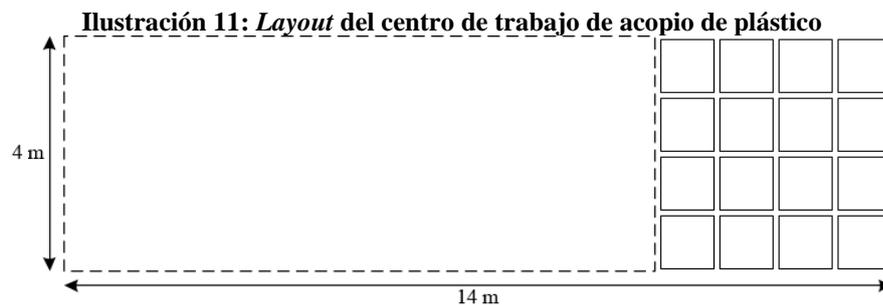
Fuente: Elaboración propia

## 4.6. Diseño de centros de trabajo

En el siguiente apartado se describen los centros de trabajo y de apoyo que se propone implementar en la planta de producción de ladrillos ecológicos, ilustrando su diseño físico y cada una de las herramientas y maquinarias a utilizar en cada uno de éstos.

#### 4.6.1. Acopio de plástico

Para este centro de trabajo, sólo se necesita disponer del espacio necesario para los camiones  $\frac{3}{4}$  que cumplen la función de recolección en el centro de acopio, además de un espacio extra para cumplir con un eventual atraso en el proceso de selección (superficie con capacidad para 16 maxi sacos). Los camiones de recolección tienen aproximadamente 2,3 metros de ancho y 4,8 metros de longitud (ICESI, 2008), por lo que se debe disponer de una superficie de al menos esas dimensiones. Al centro de trabajo de acopio de plástico se le ha dispuesto de una superficie de cuatro metros de ancho y catorce metros de longitud, utilizando un área de 56 m<sup>2</sup>.

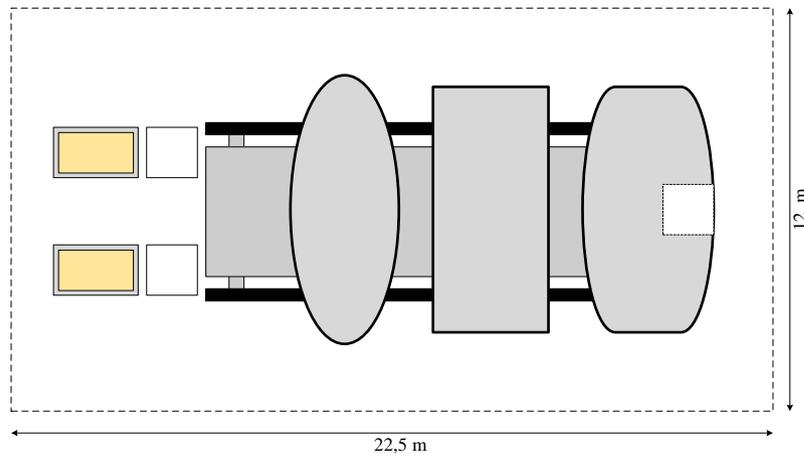


En la Ilustración 11 se puede observar el *layout* del centro de trabajo con sus respectivas medidas, se debe recalcar que este centro de trabajo no requiere de herramientas de trabajo, debido que los maxi sacos requeridos ya están dispuestos en la actualidad para el acopio de plástico.

#### 4.6.2. Tratamiento de PET

En el presente centro de trabajo se realiza el proceso de selección de plástico PET para luego ser tratado en la planta de trituración, lavado y secado, por lo cual, se destinan los implementos necesarios para poder desarrollar ambos procesos. Para el proceso de selección de plástico PET se requiere contar con dos mesones de selección y dos maxi sacas, utilizando para el proceso de triturado, lavado y secado, la planta seleccionada en el apartado 4.5.1 más una maxi saca utilizada para la recolección de las hojuelas de PET obtenidas.

**Ilustración 12: Layout del centro de trabajo de tratamiento de PET**



Fuente: Elaboración propia

En la Ilustración 12 se presenta el *layout* del centro de trabajo, del cual se debe mencionar que se ha considerado un espacio de dos metros para facilitar el trabajo y seguridad en la planta de triturado, lavado y secado del PET y un espacio de un metro para el trabajo en el proceso de selección, obteniendo una separación de dos metros entre cada mesón de selección. Además, se debe mencionar que la superficie a utilizar por este centro de trabajo es de 270 m<sup>2</sup>.

La simbología utilizada para cada uno de los equipos utilizados en el centro de trabajo mencionado con sus respectivas dimensiones puede ser observada en la Tabla 35.

**Tabla 35: Simbología del *layout* del centro de trabajo de tratamiento de PET**

Tratamiento de PET					
Proceso	Objeto	Símbolo	Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)
Selección de PET	Mesón		2	2,5	1,5
	Maxi saca		2	0,9	0,9
Triturado, lavado y secado de PET	Planta de triturado		1	15	8
	Maxi saca		1	1,5	1,5

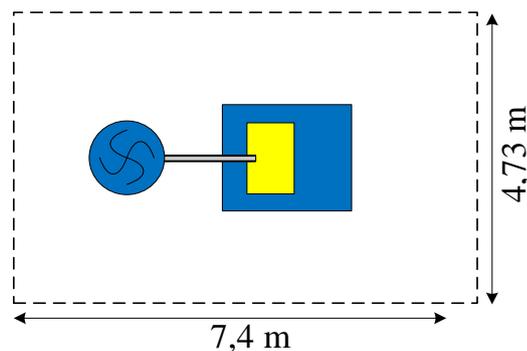
Fuente: Elaboración propia

### 4.6.3. Producción de ladrillos

En este centro de trabajo se realiza la producción del ladrillo ecológico que se desea elaborar, utilizando la máquina de producción, transportador de mezcla y mezcladora seleccionadas en el apartado 4.5.

En la Ilustración 13 se puede observar el diseño del centro de trabajo, en donde se considera un espacio de 1,5 metros para facilitar el trabajo a realizar por los operadores, además de considerar dos metros al fin de la planta debido al trabajo que requiere el cargar los ladrillos producidos. La superficie que utilizará esta sección es de aproximadamente 35 m<sup>2</sup>.

Ilustración 13: *Layout* del centro de trabajo de producción de ladrillos



Fuente: Elaboración propia

Para finalizar, en la Tabla 36 puede ser observada la simbología de la maquinaria utilizada por este centro de trabajo junto a sus dimensiones correspondientes.

Tabla 36: Simbología del *layout* del centro de trabajo de producción de ladrillos

Producción de ladrillos					
Proceso	Objeto	Símbolo	Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)
Producción de ladrillos	Máquina de producción de ladrillo		1	2,06	1,73
	Mezcladora		1	1,2	1,2
	Transportador de tornillo		1	2,98	0,102

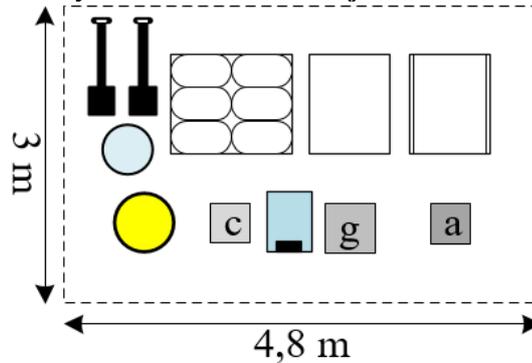
Fuente: Elaboración propia

#### 4.6.4. Dosificación de insumos

En este centro de trabajo se desarrolla el proceso de dosificación de insumos, en donde se utiliza aproximadamente 14,4 m<sup>2</sup> de superficie, considerando además de las herramientas a utilizar, un espacio de trabajo en donde se debe contar con la ubicación de pallets de insumos llegados desde la bodega de insumos y del tambor de aditivo.

En la Ilustración 14 se puede observar la distribución física del dentro de trabajo con sus respectivas herramientas para el desarrollo del proceso.

Ilustración 14: Layout del centro de trabajo de dosificación de insumos



Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 37 se puede observar cada una de las herramientas utilizadas por este centro de trabajo con sus respectivas simbologías del layout y dimensiones a considerar.

Tabla 37: Simbología del layout del centro de trabajo de dosificación de insumos

Dosificación de insumos					
Proceso	Objeto	Símbolo	Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)
Dosificar insumos	Estanque de cemento	c	1	0,4	0,4
	Estanque de gravilla	g	1	0,5	0,5
	Estanque de arena	a	1	0,4	0,4
	Bidón	○	1	0,5	0,5
	Balanza	▭	1	0,45	0,6
	Pala	▭	2	0,97	0,26

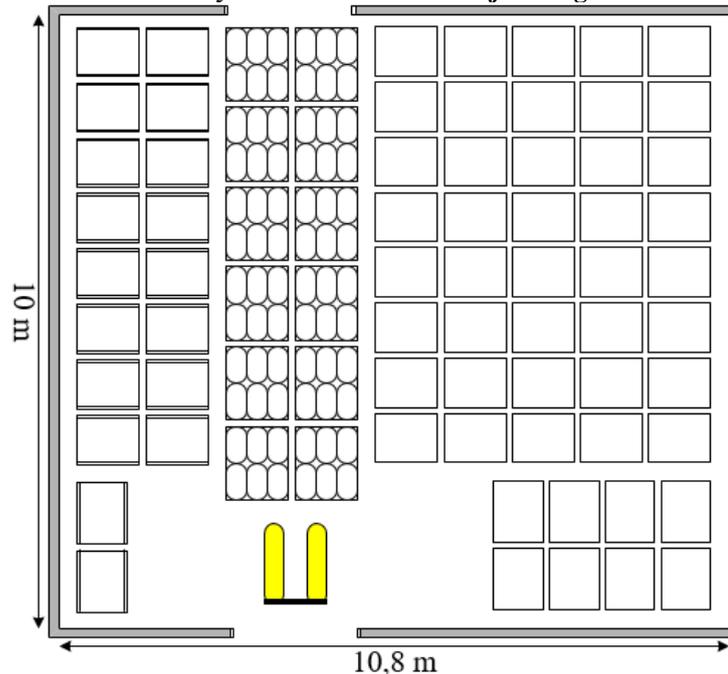
Fuente: Elaboración propia

#### 4.6.5. Bodega de insumos

En el presente centro de trabajo se realiza la recepción de insumos, en donde se considera el almacenado de los insumos correspondiente a una semana de producción, por lo tanto, este proceso de recepción de insumos debe realizarse cada semana. La superficie a utilizar es de aproximadamente 108 m<sup>2</sup>, disponiendo de dos puertas (una para la recepción de insumos y otras para su retiro y posterior utilización).

En la Ilustración 15 se puede observar el diseño físico del centro de trabajo con sus respectivas medidas.

Ilustración 15: Layout del centro de trabajo bodega de insumos



Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 38: Simbología del *layout* del centro de trabajo bodega de insumos Tabla 38 puede ser observada la simbología utilizada en el *layout* del centro de trabajo descrito, en donde se describe las dimensiones de cada herramienta utilizada y la cantidad que se debe considerar de cada una.

Tabla 38: Simbología del *layout* del centro de trabajo bodega de insumos

Bodega de insumos					
Proceso	Objeto	Simbolo	Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)
Acopio de insumos	Pallet (cemento)		12	1,2	1
	Pallet (gravilla)		48	1	0,8
	Pallet (arena)		18	1	0,8
	Tanque de gravilla		48	1	0,8
	Tanque de arena		18	1	0,78
	Transpaleta		1	1,3	1

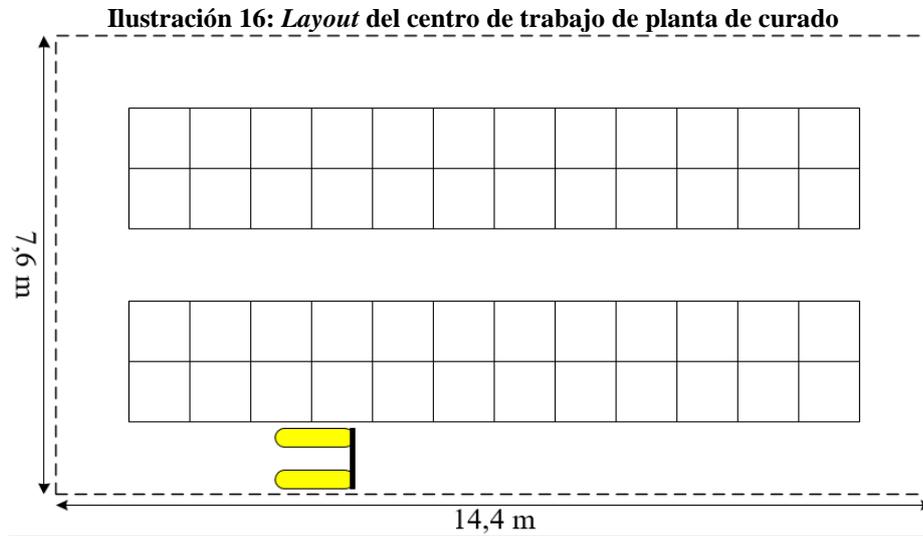
Fuente: Elaboración propia

#### 4.6.6. Planta de curado

En la presente planta se desarrolla el proceso de curado del ladrillo, centro trabajo que es diseñado para la capacidad de una semana de producción de ladrillos (debido que el proceso exige mantener siete días el ladrillo sumergido). La superficie utilizada por este centro de trabajo es de aproximadamente 109,4 m<sup>2</sup> considerando un espacio de trabajo de 1,2 metros desde los estanques.

La Ilustración 16 presenta el diseño físico del centro de trabajo descrito con anterioridad, especificando las dimensiones requeridas.

En la Tabla 39 se observan las herramientas de trabajo necesarias para llevar a cabo el proceso de curado, con sus respectivas simbologías utilizadas en el *layout* presentado y sus dimensiones.



Fuente: Elaboración propia

**Tabla 39: Simbología del layout del centro de trabajo de planta de curado**

Planta de curado					
Proceso	Objeto	Símbolo	Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)
Curado	Tanque de curado		48	1	1
	Transpaleta		1	1,3	1

Fuente: Elaboración propia

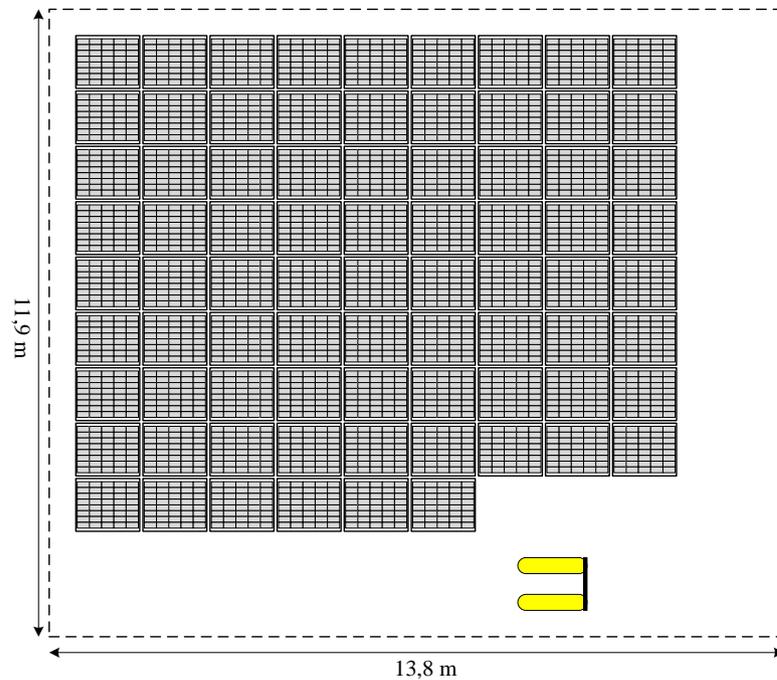
#### 4.6.7. Bodega de almacenado

En este centro de trabajo es donde se almacena el ladrillo producido, cubriendo con la capacidad de producción de una semana, por lo cual, al pasar este periodo, los ladrillos deberán ser trasladados a la zona en que se les dará uso. La superficie a utilizar por este centro de trabajo es de aproximadamente 164,2 m<sup>2</sup>.

En la Ilustración 17 puede ser visualizado el diseño físico del centro de trabajo descrito con sus respectivas dimensiones.

En la Tabla 40 se puede observar el objeto utilizado en este centro de trabajo, junto a sus dimensiones, cantidades necesarias y simbología utilizada en el *layout* desarrollado.

Ilustración 17: Layout del centro de trabajo de bodega de almacenado



Fuente: Elaboración propia

Tabla 40: Simbología del layout del centro de trabajo de bodega de almacenado

Bodega de almacenado					
Proceso	Objeto	Símbolo	Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)
Almacenado	Pallet de ladrillos		78	1,2	1
	Transpaleta		1	1,3	1

Fuente: Elaboración propia

#### 4.6.8. Zona de despacho

Para este centro de trabajo, sólo se necesita disponer del espacio necesario para los camiones de despacho de ladrillos. A pesar de no saber con exactitud la envergadura de los camiones que realizarán los despachos de ladrillos, se consideran aquellos que tienen una mayor capacidad de carga, estos tienen aproximadamente 2,6 metros de ancho y 18,5 metros de longitud (ICESI, 2008), por lo que se debe disponer de una superficie de al menos esas dimensiones.

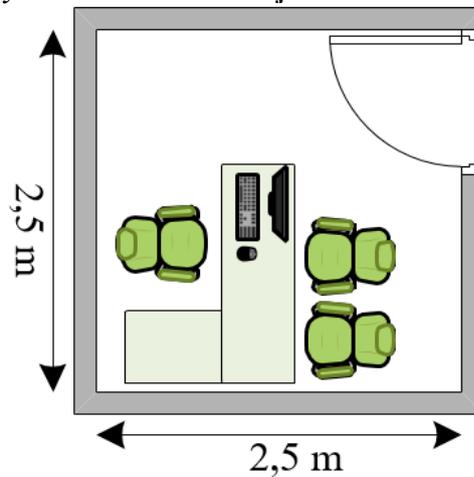
Para finalizar, al centro de trabajo de zona de despacho se le ha dispuesto de una superficie de cuatro metros de ancho y 25 metros de longitud, utilizando un área de 100 m<sup>2</sup>.

#### 4.6.9. Oficina del encargado de planta

En el presente centro de trabajo se desarrollan los trabajos administrativos por parte del encargado de la planta, contando con una superficie de aproximadamente 6,25 m<sup>2</sup>.

En la Ilustración 18 puede ser visualizado el diseño físico de la oficina del encargado de planta junto a sus respectivas dimensiones.

**Ilustración 18: Layout del centro de trabajo “Oficina del encargado de planta”**



Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 41 se observan las herramientas con las que contará este centro de trabajo, la cantidad que se requiere de cada una de estas, sus dimensiones y la simbología utilizada para ser presentadas en el *layout* desarrollado.

**Tabla 41: Simbología del layout del centro de trabajo “Oficina del encargado de planta”**

Oficina del encargado de planta					
Proceso	Objeto	Símbolo	Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)
-	Escritorio		1	1,515	1,165
-	Silla de escritorio		3	0,51	0,63
-	Computador		1	-	-

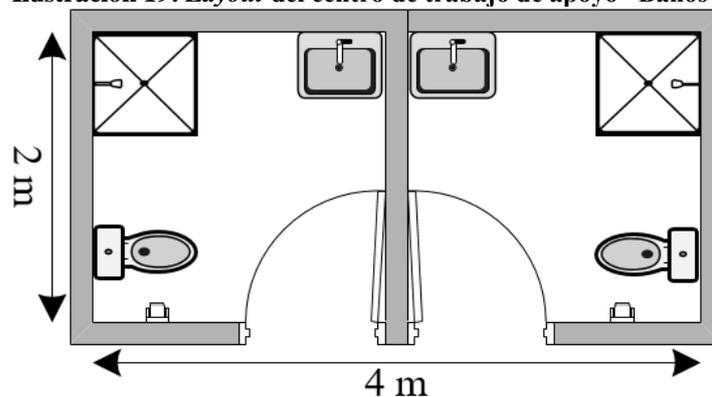
Fuente: Elaboración propia

#### 4.6.10. Baños

El presente centro, se define como un centro de trabajo de apoyo, considerando que a pesar de no ser indispensable para el proceso de producción, es necesario tenerlo en cuenta dentro de la planta de producción para necesidades del trabajador. Estos baños tendrán una superficie de 4 m<sup>2</sup>, lo que significa que ambos baños utilizarán un área de 8 m<sup>2</sup>.

En la Ilustración 19 se puede observar el diseño físico de los baños con sus medidas correspondientes.

Ilustración 19: Layout del centro de trabajo de apoyo “Baños”



Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 42 se presentan los implementos necesarios para implementar este centro de trabajo de apoyo, con las cantidades necesarias a disponer de cada uno, sus dimensiones y simbología utilizada en el desarrollo del *layout*.

Tabla 42: Simbología del *layout* del centro de trabajo de apoyo “Baños”

Baños					
Proceso	Objeto	Simbolo	Cantidad	Largo (m)	Ancho (m)
-	Ducha		2	0,7	0,7
	Lavamanos		2	0,505	0,405
	W.C		2	0,69	0,36

Fuente: Elaboración propia

#### 4.6.11. Resumen de centros de trabajo

En este apartado se presenta un resumen de los centros de trabajos descritos con anterioridad, en donde puede ser observado en la Tabla 43 que existen diez centros de trabajo, sumando una superficie total de 871 m<sup>2</sup> (sin considerar espacio de pasillos). De esta manera, para la elección de localización debe ser un sitio con superficie mayor a 871 m<sup>2</sup>. Es importante mencionar que los puestos de trabajos propuestos han sido validados por la Ilustre Municipalidad de Talca, aceptando las superficies propuestas en cada uno de estos.

**Tabla 43: Resumen de centros de trabajo**

Centro de trabajo	Superficie (m <sup>2</sup> )
Acopio de plástico	56
Tratamiento de plástico PET	270
Producción de ladrillos	35
Dosificación de insumos	14,4
Bodega de insumos	108
Planta de curado	109,44
Bodega de almacenado	164,2
Oficina encargado de planta	6,25
Baños	8
Zona de despacho	100
<b>Total</b>	<b>871</b>

Fuente: Elaboración propia

#### 4.7. Organigrama

Con las capacidades de los procesos ya definidas, y especificados la cantidad de trabajadores que se debe considerar en cada uno de ellos, se ha desarrollado un resumen con el fin de visualizar de mejor manera la cantidad de colaboradores que tendrá la planta de producción.

En la Tabla 44 se puede observar que la cantidad total de trabajadores necesarios para el funcionamiento de la planta es de 16, considerando una jornada laboral completa para doce de ellos y una jornada laboral *part-time* para los cuatro colaboradores restantes.

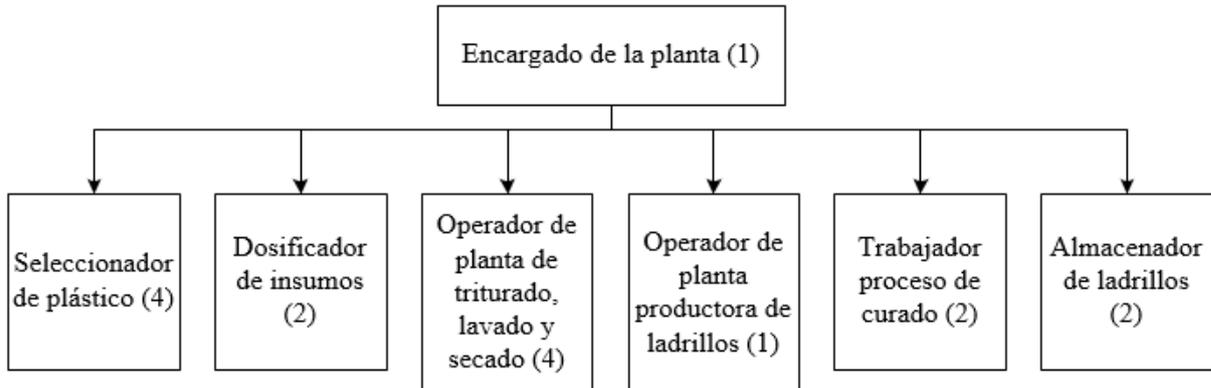
**Tabla 44: Resumen de número de trabajadores por función – 1 turno**

Cargo	Cantidad de trabajadores	Horas de trabajo semanal	Función
Seleccionador de plástico	4	40	Selección de plástico PET
			Recepción de insumos
Operador de planta de triturado, lavado y secado	4	10	Operación planta de triturado, lavado, secado
Dosificador de insumos	2	40	Dosificar insumos
Operador de planta productora de ladrillos	1	40	Aglutinar insumos y compactar mezcla
Trabajador proceso de curado	2	40	Curado de ladrillo
Almacenador de ladrillos	2	40	Almacenar ladrillo
Encargado de planta	1	40	Encargado de la planta
<b>Total</b>	<b>16</b>		

Fuente: Elaboración propia

Para finalizar, se puede observar el organigrama desarrollado en la Ilustración 20, el cual tiene como encargado de todos los colaboradores de la planta al llamado “Encargado de la planta”.

**Ilustración 20: Organigrama de la planta de producción de ladrillos ecológicos**



Fuente: Elaboración propia

## 4.8. Localización y layout final de la planta

En el siguiente apartado se describe la localización de la planta y se presenta el *layout* final de la misma.

### 4.8.1. Localización de la planta de producción de ladrillos ecológicos

La localización de la planta ha sido definida por la Ilustre Municipalidad de Talca, corporación que desea implementar esta planta de producción en sus dependencias ubicadas en la calle 6 norte entre 17 y 18 oriente en la comuna de Talca, Chile. En el sector mencionado se desarrollan actividades como el acopio de residuos reciclables como lo son el cartón, papel, latas de aluminio y plástico, seleccionando el cartón y papel según su estado.

En la Ilustración 21 se puede observar la dimensión del terreno disponible para la implementación de la planta desde una vista satelital. Cabe mencionar que la superficie del terreno cubre un total de 7.987,5 m<sup>2</sup>. También es importante mencionar que se han dado indicaciones de implementar la planta junto al centro de acopio, evitando que esta sea ubicada a un costado de la calle.

**Ilustración 21: Vista satelital de terreno dispuesto para implementación de la planta**



Fuente: Elaboración propia en base a (Google Maps, 2021)

#### 4.8.2. Diseño del *Layout* final

Para el diseño del *layout* final, en primer lugar, se debe realizar un análisis de relaciones entre los centros de trabajo descritos en el apartado 4.6. Para esto se desarrolla la Tabla 45, la que facilita la comparación entre centros de trabajo, considerando que los porcentajes por tipo de relación (visualizar Anexo 39) cumplen con los límites especificados.

**Tabla 45: Relaciones existentes entre los centros de trabajo**

Centro de trabajo		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Acopio de plástico	-	I	U	U	O	U	U	U	U	U
2	Tratamiento de PET	I	-	O	E	U	U	U	U	U	U
3	Producción de ladrillos	U	O	-	E	O	O	U	U	U	U
4	Dosificación de insumos	U	E	E	-	I	U	U	U	U	U
5	Bodega de insumos	O	U	O	I	-	U	U	U	U	U
6	Planta de curado	U	U	O	U	U	-	I	U	U	U
7	Bodega de almacenado	U	U	U	U	U	I	-	A	U	U
8	Zona de despacho	U	U	U	U	U	U	A	-	O	U
9	Oficina encargado de planta	U	U	U	U	U	U	U	O	-	U
10	Baño	U	U	U	U	U	U	U	U	U	-

Fuente: Elaboración propia

En segundo lugar y, continuando con el análisis de las relaciones de centro de trabajo, se crea la hoja de trabajo, (Tabla 46) la que contiene la información antes descrita de manera más clara y resumida.

**Tabla 46: Hoja de trabajo de la planta de ladrillos ecológicos**

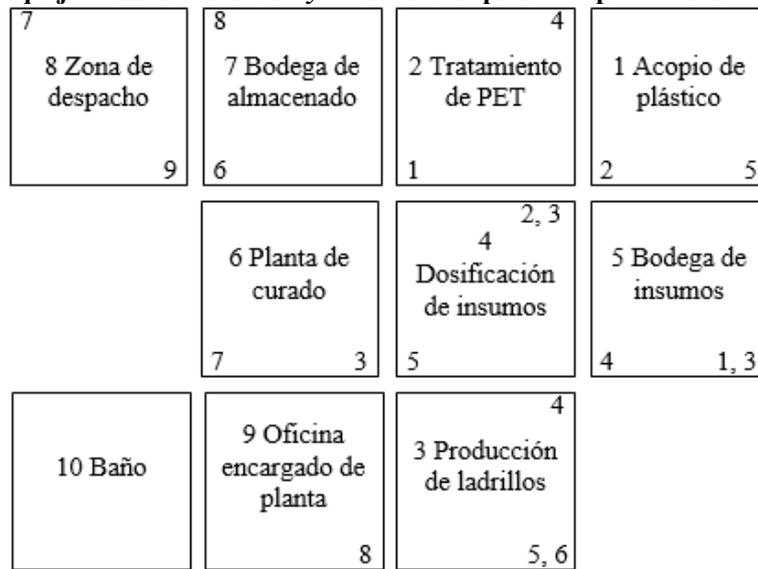
Centro de trabajo		A	E	I	O	U	X
1	Acopio de plástico			2	5	3, 4, 6, 7, 8, 9, 10	
2	Tratamiento de PET		4	1	3	5, 6, 7, 8, 9, 10	
3	Producción de ladrillos		4		2, 5, 6	1, 7, 8, 9, 10	
4	Dosificación de insumos		2, 3	5		1, 6, 7, 8, 9, 10	
5	Bodega de insumos			4	1, 3	2, 6, 7, 8, 9, 10	
6	Planta de curado			7	3	1, 2, 4, 5, 8, 9, 10	
7	Bodega de almacenado	8		6		1, 2, 3, 4, 5, 9, 10	
8	Zona de despacho	7			9	1, 2, 3, 4, 5, 6, 10	
9	Oficina encargado de planta				8	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10	
10	Baño					1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	

Fuente: Elaboración propia

Con la información obtenida por el análisis de relaciones de centros de trabajos, se puede desarrollar un diagrama de bloques adimensional, el que ayudará a ubicar de manera estratégica y según las relaciones entre sí a los distintos centros de trabajo de la planta.

De tal manera, como se ha indicado, se realiza un bosquejo adimensional del *layout* de la planta, procurando tener en consideración las relaciones que mantiene cada uno de los centros de trabajo, obteniendo como resultado el desarrollo de la Ilustración 22.

**Ilustración 22: Bosquejo adimensional del layout final de la planta de producción de ladrillos ecológicos**



Fuente: Elaboración propia

Para finalizar el capítulo, se obtiene un diseño final del *layout*, en donde es importante mencionar que se ha considerado una separación mínima de 1,5 metros entre los centros de trabajo que se considera necesario tener un pasillo de tránsito.

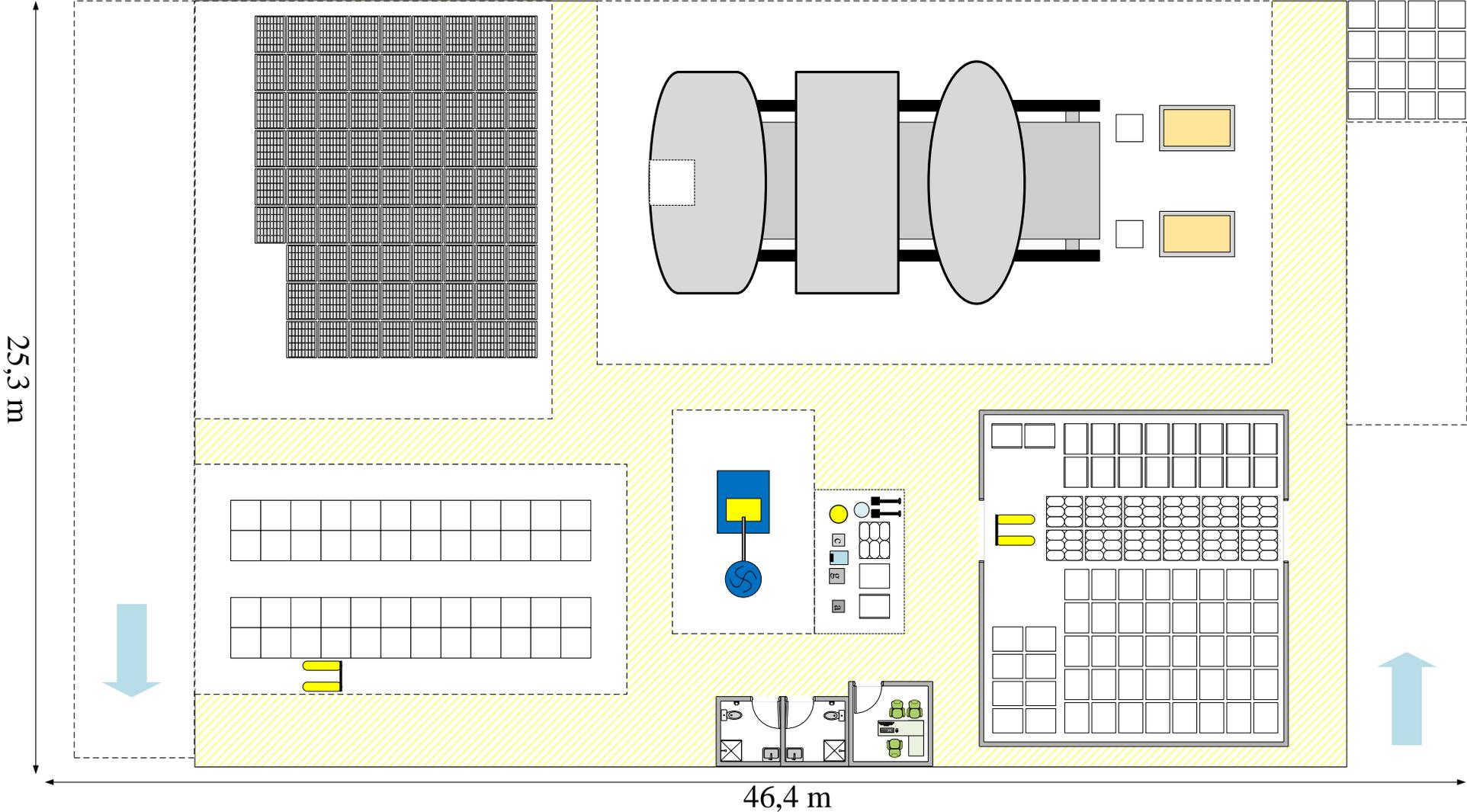
**Ilustración 23: Vista satelital de terreno de implementación con *layout* final presentado**



Fuente: Elaboración propia en base a (Google Maps, 2021)

En la Ilustración 24 se puede observar el *layout* final de la planta que será implementada en los terrenos de la municipalidad de Talca donde se encuentra actualmente el centro de acopio de residuos reciclables, observándose también en la Ilustración 23 la planta ya instalada en la zona que se propone ser llevada a cabo. Además, se presenta el *layout* final en un plano del terreno dispuesto (visualizar Anexo 40). Cabe mencionar que las propuestas de *layout* han sido realizadas en base a los resultados obtenidos del diagrama adimensional de bloques que se puede visualizar en la Ilustración 22.

Ilustración 24: Layout final de la planta de producción de ladrillos ecológicos



Fuente: Elaboración propia

# **CAPÍTULO 5: EVALUACIÓN DE IMPACTOS**

*En el siguiente apartado, se desarrolla la evaluación de impactos ambientales que tiene la fabricación del ladrillo ecológico y la evaluación tecno-económica para medir la rentabilidad del proyecto de mejoramiento.*

## 5.1. Impacto ambiental

Para el desarrollo de impacto ambiental se realiza una lista de chequeos en donde se analizan distintos ítems que pueden ser afectados de manera positiva o negativa al medio ambiente comparando con las acciones realizadas para el desarrollo del proyecto para luego realizar una matriz de interacción (causa-efecto).

### 5.1.1. Lista de chequeo

En esta etapa se evalúan cada uno de los ítems y acciones que se desarrollan en el proyecto.

- **Suelo:** en este ítem se puede considerar el aprovechamiento de plástico PET el cual es reciclado, considerando que, sin este proyecto, el plástico PET es llevado a una empresa de reciclaje la cual no garantiza su reciclaje. Se debe mencionar que el plástico total recolectado que se pronostica en un plazo de diez años es de aproximadamente 1.498 toneladas, con un promedio de recolección anual de 149 toneladas de plástico, del cual el 20,95% será desechado por el proceso de selección mencionado en el apartado 4.4.2 aprovechando en total 1.184 toneladas de plástico que no irán a parar a un botadero o el relleno municipal.
- **Agua:** la utilización de agua está presente en el proceso de lavado del plástico PET procesado, en donde se pronostica recolectar una cantidad total de PET igual a 909 toneladas en los diez años de evaluación del proyecto. También, se debe tener en cuenta un consumo del recurso hídrico de 3,3 litros por kilogramo lavado, por lo cual, el proyecto consume un total de 3.001 m<sup>3</sup> de agua en este proceso. Se debe mencionar que existe una utilización de agua en el proceso de curado, sin embargo, en el presente proceso el agua se evapora, sin ser desechada ni desperdiciada. Se recomendaría en el caso del proceso de lavado, evaluar un proceso de recirculación de agua para su mejor aprovechamiento.
- **Aire:** es de suma importancia mencionar la atmósfera se ve afectada por muchas de las acciones que realizamos, sin embargo, para efecto de la evaluación se consideran tres impactos relevantes en este ítem.

En primer lugar, considerando que se pronostica aproximadamente una utilización de 550,5 MWh en la producción de ladrillos a una generación de CO<sub>2</sub> igual a 7,08 toneladas de CO<sub>2</sub> por MWh consumido (EPA, 2021), se tiene un resultado de 3.902 toneladas de CO<sub>2</sub> generadas por la producción. Además, se debe considerar un impacto negativo en el ruido generado por las máquinas de alto calibre, sin embargo, se considera que la zona en que se encuentra la planta es zona industrial dentro de la ciudad.

En segundo lugar, se tiene en cuenta un total de 1.184 toneladas de plástico que serán recicladas en el periodo de evaluación de diez años, del cual se evita una emisión de 1,5 toneladas de CO<sub>2</sub> por cada tonelada de plástico reciclada (BCN, s.f.), impidiendo la emisión de 1.776 toneladas de CO<sub>2</sub> a lo largo del periodo de evaluación.

En último lugar, se debe considerar la contaminación acústica causada por el volumen de camiones que deberán ingresar a las dependencias de la planta para realizar el despacho de los ladrillos ecológicos (camiones recolectores no son considerados debido que la recolección se realizará de igual manera), los cuales deberán ingresar al menos una vez por semana según la capacidad definida en bodega.

- **Flora:** no se observa impacto que afecte a este ítem.
- **Fauna:** este ítem se ve afectado indirectamente por el uso de plástico PET, debido que el uso de plástico permite un ahorro de arena gruesa utilizada (72 kg de arena ahorrada por cada 35 kg de PET reciclado según la dosificación investigada en la Tabla 5) de tal manera que, en el periodo de evaluación se ahorrará aproximadamente 195 toneladas de arena, lo que se convierte en 1.948 toneladas de arena en el total del periodo de evaluación. Es importante mencionar que *“La arena de las playas, ríos y fondos marinos juega un papel relevante en los ecosistemas debido a la gran cantidad de especies que alberga y a la protección que ejerce en las costas de fenómenos atmosféricos intensos”* (RenovablesVerdes, s.f.).
- **Recursos:** como fue mencionado en el ítem anterior, el ahorro de la arena utilizada genera un impacto positivo, considerando que este es un recurso natural no renovable y su extracción afecta directamente a los paisajes en que este recurso se encuentra.

En la Tabla 47 se puede observar la matriz de interacciones, donde se visualiza el tipo de impacto, ya sea negativo o positivo según la acción realizada en el proyecto.

Tabla 47: Matriz de interacciones

Acciones	Suelo	Agua	Aire	Flora	Fauna	Recursos
Reciclaje de PET	+		+		+	+
Proceso de lavado de PET		-				
Producción en general			-			
Despachos de ladrillos			-			

- Impacto negativo      Impacto positivo +

*Fuente: Elaboración propia*

## 5.2. Impacto tecno-económico

El objetivo principal de la evaluación tecno-económica es obtener datos concretos de la viabilidad del proyecto, midiendo la eficiencia de la inversión involucrada en éste.

Para el desarrollo de la evaluación tecno-económica de la planta de ladrillos ecológicos, se considerarán los valores de ingresos según proyecciones del mercado, costos tipo fijo y variables, depreciación y venta de los activos, inversiones en equipos, mobiliarios e infraestructura, capital de trabajo necesario, entre otros.

### 5.2.1. Parámetros

La evaluación tecno-económica de la planta se realizará en un periodo de 10 años, esto para ver reflejada la utilidad generada en el valor de desecho del proyecto. Para analizar toda esta información, existen distintos parámetros a abordar en esta evaluación, los cuales se describen a continuación.

- **Trema:** corresponde a la tasa de retorno mínima aceptada, la cual en este proyecto se estima en un 11,9% (ver Ecuación 16), considerando un índice inflacionario del 3% en Chile (Datos Macro, 2021), y una prima de riesgo de mercado de un 8,9% estimado en Chile para el año 2021 (Le Fort Economía y Finanzas, 2019).

**Ecuación 16: Cálculo de TREMA**

$$TREMA = 3\% + 8,9\% = 11,9\%$$

*Fuente: Elaboración propia*

- **Tasa de impuesto a la renta de primera categoría:** esto es un impuesto que aumenta las rentas provenientes del capital por las empresas comerciales, mineras, de servicios, industriales, entre otras. Hoy en día, según el Servicio de impuestos internos, para el año comercial 2018 y siguientes y el año tributario 2019 y siguientes, la tasa de impuesto directo es un 27% (SII, 2015). Sin embargo, el proyecto es considerado en un ámbito público (Ilustre Municipalidad de Talca), en donde la Corporación no presenta fines de lucro, razón por la cual, no se utiliza esta tasa de impuesto a la renta en la evaluación económica. Por otra parte, es importante mencionar que la evaluación del proyecto no genera ingresos monetarios directos, debido que son considerados como ingresos los ahorros a desembolsos municipales que implican la producción y utilización de ladrillos ecológicos en pavimentos articulados.
- **Producción:** para la evaluación del proyecto se cuenta con proyecciones de recolección de plástico, plástico PET obtenido, producción total de ladrillo en unidades y metros cúbicos, todo esto con el fin de ser utilizados para el análisis económico en distintas etapas. En la Tabla 48 pueden ser visualizados los pronósticos mencionados con anterioridad. Cabe mencionar que, la producción anual es utilizada para el cálculo de costos variables de producción, correspondiendo al 28,51% del mercado estudiado en el apartado 4.2.3.

**Tabla 48: Pronóstico de producción de ladrillos ecológicos en periodos de evaluación**

Año	Producción total (m3)	Producción total (unidades)
2022	2.439	1.377.343
2023	2.496	1.409.471
2024	2.539	1.433.729
2025	2.574	1.453.234
2026	2.603	1.469.551
2027	2.627	1.483.578
2028	2.649	1.495.880
2029	2.669	1.506.836
2030	2.686	1.516.712
2031	2.702	1.525.702

*Fuente: Elaboración propia*

### 5.2.2. Inversiones

En el presente apartado se describen las inversiones necesarias a realizar para la planta de producción de ladrillos ecológicos para su correcto funcionamiento.

- **Mobiliarios:** los activos de esta categoría están descritos en el apartado 4.6, en los que entran aquellos equipos adquiridos para la utilización en el centro de trabajo llamado “Oficina del encargado de planta” y “Baños”. La inversión total requerida para los mobiliarios es de \$563.900, balance que puede ser observado en el Anexo 41.
- **Equipos:** los activos correspondientes a esta categoría se pueden visualizar en el apartado 4.6, considerando que en su mayoría son equipos adquiridos en el comercio nacional, a excepción de los equipos seleccionados en el apartado 4.5, por los cuales se debe agregar un costo adicional del 6% por el impuesto aduanero (Chile Aduanas Customs, 2021). Otra excepción son los equipos fabricados por recursos municipales, donde se consideran los estanques utilizados para el centro de trabajo llamado “Bodega de insumos”, “Planta de curado” y los mesones utilizados para el proceso de selección, cuyo valor se calcula según cotizaciones de materiales más un 100% de mano de obra. En resumen, la inversión requerida para la adquisición de los equipos es de un total de \$186.880.139, cuyo balance puede ser observado en el Anexo 42.
- **Obras físicas:** para la definición del costo de obras físicas, se ha utilizado la clasificación de las construcciones, en donde en su mayoría, se ha clasificado la construcción como galpón de estructura vertical y estructura techumbre de acero (AA) con una categoría superior “a” la cual según (MINVU, 2019) *“Corresponde a una construcción que cuenta con cierros perimetrales, divisiones, y cuyas oficinas están incluidas en el galpón”*. A esta clasificación se le agrega algunas zonas de construcción reconocidas como simples, las que obtienen una clasificación de AA categoría c (inferior) la que se menciona en (MINVU, 2019) *“Comprende aquellas construcciones que cuentan solamente con la estructura y la cubierta; carecen de cierros perimetrales o están incompletos”*. Por último, aquellas zonas que requieren cierres han sido clasificados como construcción clase G, categoría 4; clase perteneciente a construcciones prefabricadas con estructura metálica.

Los costos de construcción son calculados según el costo del metro cuadrado y la clase y categoría de esta según (MINVU, 2021), obteniendo un total de inversión igual a \$82.058.831, observándose su respectivo balance en el Anexo 43.

Para finalizar, es de suma importancia mencionar que no se ha considerado un costo de inversión de terreno, esto se debe a que la superficie a utilizar por la planta son dependencias municipales que no tienen un uso designado en el tiempo.

### **5.2.3. Calendarios**

Con el fin de estudiar de mejor manera el comportamiento de los activos de la planta de producción de ladrillos ecológicos dentro del periodo de la evaluación, se ha desarrollado calendarios con los costos ya mencionados. Los calendarios desarrollados son: calendario de inversiones, calendario de venta de activos, calendario de depreciación y calendario de valor libro, los cuales pueden ser observados en el Anexo 44, Anexo 45, Anexo 46 y Anexo 47 respectivamente.

### **5.2.4. Ingresos**

Los ingresos del proyecto son considerados como tal, sin embargo, no se obtendrá un ingreso monetario directo del proyecto, más bien, se genera un ahorro en proyecto de transporte y vialidad correspondiente al 50% para efectos del proyecto. Cabe mencionar que el utilizar bloques de cemento y no asfalto, puede abaratar los costos en más de un 50% (VIALITEC, 2018), sin embargo, para efectos de la evaluación, se toma una posición conservadora y sólo se utiliza el 50% de ahorro mencionado con anterioridad. De esta manera, la fila llamada “Ahorro de cambio de tecnología” en la Tabla 49 corresponde al total de recurso a utilizar por la I. Municipalidad de Talca en un eventual cambio de tecnología de pavimentos comunes a pavimentos articulados (pavimentos propuestos a cambiar en el proyecto), considerando que la columna llamada “Total de recursos utilizados” corresponde al pronóstico de gastos que tendrá la municipalidad en proyectos de transporte y vialidad.

En segundo lugar, se calcula el total cubierto por producción (segunda fila de Tabla 49) según la cantidad de producción que se tendrá en el periodo de evaluación y el mercado objetivo, en donde se puede observar un promedio de producción anual de 1.467.204 ladrillos (según el pronóstico de producción de la Tabla 48) y un mercado que demanda aproximadamente 5.146.415 ladrillos (apartado 4.2.3), lo cual corresponde a un 28,51% del mercado que se produciría en la planta de fabricación de ladrillos propuesta.

Una vez calculado el costo de proyectos que se cubrirán en reemplazo de ladrillos ecológicos por adoquines convencionales, se calcula el costo de adquisición de adoquines obteniendo un porcentaje del costo en adquisición de adoquines contra el proyecto en general. Para este cálculo se ha utilizado el Anexo 48, en donde se presentan cada uno de los costos asociados a un proyecto (avaluado en €1.117.126) y los costos pertenecientes sólo a la adquisición de ladrillos (avaluado en €610.611) correspondientes al 54,66% del total de costos del proyecto.

Para finalizar, obtenidos los costos de adquisición de adoquines por los proyectos cubiertos por la producción de ladrillos ecológicos, se calcula el ahorro asociado a producir un ladrillo ecológico en vez de adquirir un adoquín común. Para esto se calcula el costo de producción de ladrillos ecológicos entre los costo anuales sobre la cantidad de ladrillos producidos, obteniendo un valor promedio de costo de producción por unidad de ladrillo ecológico igual a \$247 (costo por 1.771 cm<sup>3</sup>) y a modo de comparación se utiliza un adoquín convencional con costo de \$290 (costo por 1.200 cm<sup>3</sup>) (SODIMAC, 2021), de tal manera que para la producción de 1.000 cm<sup>3</sup> el costo es de \$139,5 y el costo de adquisición de 1.000 cm<sup>3</sup> de adoquín es de \$241,7 ahorrando 42,29% por producir un ladrillo ecológico.

El ahorro total por la producción del ladrillo ecológico correspondería a un 3,295% del total de los recursos utilizados en proyectos de transporte y vialidad realizados con la tecnología actual de pavimentos.

**Tabla 49: Proyección de ahorros generados por utilización de ladrillos ecológicos (CLP\$)**

Periodo	Total de recursos utilizados	Ahorro de cambio de tecnología (50%)	Total cubierto por producción (28,51%)	Costo de adquisición de adoquines (54,66%)	Ahorro de producir el ladrillo (42,29%)
1	\$14.292.532.900	\$7.146.266.450	\$2.037.400.565	\$1.113.624.618	\$470.936.215
2	\$15.511.301.600	\$7.755.650.800	\$2.211.136.043	\$1.208.586.850	\$511.094.410
3	\$16.730.070.300	\$8.365.035.150	\$2.384.871.521	\$1.303.549.082	\$551.252.604
4	\$17.948.839.000	\$8.974.419.500	\$2.558.606.999	\$1.398.511.314	\$591.410.799
5	\$19.167.607.700	\$9.583.803.850	\$2.732.342.478	\$1.493.473.546	\$631.568.994
6	\$20.386.376.400	\$10.193.188.200	\$2.906.077.956	\$1.588.435.778	\$671.727.188
7	\$21.605.145.100	\$10.802.572.550	\$3.079.813.434	\$1.683.398.011	\$711.885.383
8	\$22.823.913.800	\$11.411.956.900	\$3.253.548.912	\$1.778.360.243	\$752.043.578
9	\$24.042.682.500	\$12.021.341.250	\$3.427.284.390	\$1.873.322.475	\$792.201.773
10	\$25.261.451.200	\$12.630.725.600	\$3.601.019.869	\$1.968.284.707	\$832.359.967

Fuente: Elaboración propia

### 5.2.5. Costos

En primer lugar, se definen los costos fijos, en donde figuran el consumo de agua en baños, el cual se calcula considerando que en una familia de cinco personas se utiliza un total de 350 litros al día considerando sólo gasto de W.C y lavamanos (SERNAC, 2003). De esta manera, se calcula la razón entre el consumo de cinco personas en 24 horas y el consumo de 16 personas en ocho horas (cantidad de trabajadores y horas laborales) obteniendo un total de 7.467 litros consumidos al mes, a un costo de \$852,75 por metro cúbico (Aguas Nuevo Sur, 2017) el costo total anual de consumo de agua en el baño es de \$76.406.

Para el costo de mantención de equipos se calcula un 10% anual de la inversión en maquinarias, y, por último, el costo anual de los sueldos se define por el balance del personal, presentado en la Tabla 50. De tal manera, se puede visualizar el resumen de costos fijos en la Tabla 51.

**Tabla 50: Balance del personal**

Cargo	Cantidad	Sueldo unitario (CLPS)	Costo mensual sueldos (CLPS)	Costo anual sueldos (CLPS)
Seleccionador de plástico	4	\$ 380.344	\$ 1.521.376	\$ 18.256.512
Operador de planta de triturado, lavado y secado	4	\$ 145.718	\$ 582.872	\$ 6.994.464
Dosificador de insumos	2	\$ 380.344	\$ 760.688	\$ 9.128.256
Operador de planta productora de ladrillos	1	\$ 582.872	\$ 582.872	\$ 6.994.464
Trabajador proceso de curado	2	\$ 380.344	\$ 760.688	\$ 9.128.256
Almacenador de ladrillos	2	\$ 380.344	\$ 760.688	\$ 9.128.256
Encargado de planta	1	\$ 1.302.820	\$ 1.302.820	\$ 15.633.840
<b>Costo total anual</b>				<b>\$ 75.264.048</b>

Fuente: Elaboración propia en base a (CompuTrabajo, 2021)

**Tabla 51: Resumen de costos fijos**

Ítem	Costo	IVA (19%)	Costo sin IVA
Consumo de agua en baños	\$76.406	\$14.517	\$61.889
Mantenimiento equipos	\$3.025.086	\$574.766	\$2.450.320
Sueldos	\$ 75.264.048	-	\$ 75.264.048
<b>Total</b>	<b>\$78.289.134</b>	<b>\$574.766</b>	<b>\$77.714.368</b>

Fuente: Elaboración propia

En el cálculo de costos variables, en primer lugar, se tienen en consideración los costos de producción para el cual se obtiene el costo de producción por kilogramo de ladrillo según su consumo específico y sus respectivos costos. De tal manera se desarrolla la Tabla 52 y Tabla 53 para facilitar el cálculo de consumo eléctrico y de agua respectivamente. Cabe destacar que el consumo eléctrico está basado en un valor de la energía base que es de CLP\$121,7 más el valor por uso del sistema troncal CLP\$0,7 (BCN, 2015) y el valor del agua igual a \$852,75 por metro cúbico (Aguas Nuevo Sur, 2017).

**Tabla 52: Consumo eléctrico por kilogramo procesado del activo**

Activo	Consumo específico	Costo (CLPS)
Planta triturado, lavado y secado	0,40 kWh/kg	48,96 \$/kg
Productora de ladrillos	2,573 Wh/kg	0,31 \$/kg
Mezcladora	0,337 Wh/kg	0,04 \$/kg
Transportador de tornillo	0,172 Wh/kg	0,02 \$/kg

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 53: Consumo de agua por kilogramo procesado**

Proceso	Consumo específico	Costo (CLPS)
Lavado	3,3 l/kg	2,81 \$/kg
Curado	0,057 l/kg	0,05 \$/kg

Fuente: Elaboración propia

Basándose en los resultados obtenidos y considerando la cantidad producida de kilogramos de ladrillos al año y la cantidad de kilogramos de PET tratados en la planta de tratamiento de PET (Tabla 48) se puede desarrollar el costo total de producción, el cual puede ser visualizado en el Anexo 49.

Para finalizar la etapa de costos variables, se calcula los costos asociados a la adquisición y uso de insumos. Para esto primero se desarrolla una tabla de resumen del costo por kilogramo de cada insumo (ver Tabla 54), luego se calcula la cantidad de kilogramos de

cada insumo a utilizar en un año según la dosificación presentada en el apartado 4.1.2 (visualizar Anexo 50), y de esta manera, obtener el costo total de los insumos a utilizar en cada periodo (observar Anexo 51).

**Tabla 54: Resumen de costos por kilogramo de insumo**

Insumo	Costo del kg
Agua	0,853 \$/kg
Cemento	106 \$/kg
Aditivo	745,56 \$/kg
Gravilla	37,84 \$/kg
Arena	36,4 \$/kg

*Fuente: Elaboración propia*

Finalmente, el costo de implementación se ha considerado como un 20% del valor de la inversión de activos, en donde se consideran instalaciones y montajes de equipos, interconexiones de equipos, capacitación del personal, costos de marcha blanca, entre otros.

### 5.2.6. Capital de trabajo

Debido a que en este proyecto no se obtendrá un retorno monetario directo, se considera cubrir con los gastos necesarios para el funcionamiento de los activos del primer periodo, de tal manera que, se fija el capital de trabajo en un monto de \$345.159.905.

Cabe mencionar que la totalidad o una fracción de los ahorros generados (dependiendo la evaluación resultante) deberán ser dispuestos por la Ilustre Municipalidad de Talca con el fin de disponer del capital de trabajo requerido en los siguientes periodos.

### 5.2.7. Valor de desecho

En este proyecto el valor de desecho se calcula al finalizar el décimo periodo de la evaluación. Es necesario mencionar que este valor no se considera como ingreso real, pero si se presenta en la evaluación ya que permite realizar un valor estimado del proyecto en caso de que se le dé fin a éste.

Se desarrolla el valor de desecho contable para definir un valor del proyecto en caso de que se le ponga fin a éste. El valor de desecho contable es calculado como la suma de los valores libro de los activos en el último periodo, con el fin de estimar un valor de venta de activos según

la depreciación que estos han tenido. El valor libro estimado en el periodo diez de la evaluación económica se puede observar en el Anexo 47 el cual es de un total de \$69.006.559.

### 5.2.8. Flujo de caja

El flujo de caja que se desarrolla es un flujo de caja incremental, en donde se compara la situación sin proyecto y con proyecto, en donde es importante mencionar que, en la situación con proyecto, perduran en el tiempo los costos y activos, por lo cual, se anulan en ambos flujos de caja y provocan que agregar estos no tenga necesidad. Por otra parte, se comparará el ingreso del flujo de caja sin proyecto y con proyecto teniendo en cuenta que la situación sin proyecto es obtener ingresos desde la venta de plástico recolectado a \$25 por kilogramo sin este ser seleccionado con anterioridad. De esta manera, entre los escenarios planteados, el flujo de caja sin proyecto no varía entre sí, a diferencia del flujo de caja con proyecto.

El escenario base es considerado como el real, el cual tiene una mayor probabilidad de ocurrencia según los pronósticos e investigaciones realizadas, teniendo un 28,51% de participación en el mercado de pavimentos establecidos por la I. Municipalidad de Talca. Cabe mencionar que el flujo de caja sin proyecto puede ser visualizado en el Anexo 52, el flujo de caja con proyecto puede ser visualizado en el Anexo 53, y, por último, el flujo de caja a evaluar (incremental) puede ser observado en su totalidad en el Anexo 54. En la Tabla 55 se presentan los indicadores financieros arrojados para su análisis.

**Tabla 55: Indicadores financieros del flujo de caja incremental en escenario base**

<b>VAN</b>	<b>\$ 746.174.660</b>
<b>TIR</b>	<b>29,30%</b>
<b>PRI (años)</b>	<b>5,07</b>
<b>RBC</b>	<b>1,61</b>

*Fuente: Elaboración propia*

- **VAN:** en este escenario el VAN es positivo, con un valor de \$746.174.660. Esto refleja que el proyecto es económicamente rentable, por ende, es posible recuperar la inversión.
- **TIR:** este indicador es de 29,3%, el cual es mayor a la TREMA en un 17,4%, lo que refleja que el proyecto tiene una rentabilidad considerable por sobre el doble de la TREMA.

- **PRI:** el período de recuperación de la inversión del proyecto de planta de ladrillos ecológicos corresponde a 5,07 años (aproximadamente 5 años y 1 mes).
- **Relación b/c:** la relación en este escenario indica que por cada peso que se destina a costo, se obtiene un beneficio de \$1,61.

El escenario optimista tiene considerado un mayor porcentaje de participación en el mercado estudiado, considerando un aumento de recolección domiciliaria, aumentando la participación en el mercado a un 42,42% (aumento que implica que el 20% de chilenos que en la actualidad no recicla, recicle debido a la disposición de contenedores domiciliarios). El flujo de caja sin proyecto puede ser visualizado en el Anexo 52, el flujo de caja con proyecto puede ser visualizado en el Anexo 55, y, por último, el flujo de caja a evaluar (incremental) puede ser observado en su totalidad en el Anexo 56. En la Tabla 56 se presentan los indicadores financieros arrojados para su análisis.

**Tabla 56: Indicadores financieros del flujo de caja incremental en escenario optimista**

<b>VAN</b>	<b>\$1.537.640.164</b>
<b>TIR</b>	<b>40,14%</b>
<b>PRI (años)</b>	<b>3,66</b>
<b>RBC</b>	<b>1,79</b>

*Fuente: Elaboración propia*

- **VAN:** en este escenario el VAN es positivo, con un valor de \$1.537.640.164. Esto refleja que el proyecto es económicamente rentable, por ende, es posible recuperar la inversión en caso de aumentar la producción.
- **TIR:** este indicador es de 40,14%, el cual es mayor a la TREMA en un 28,24%, lo que refleja que el proyecto es altamente rentable en este escenario.
- **PRI:** el período de recuperación de la inversión del proyecto de planta de ladrillos ecológicos corresponde a 3,66 años (aproximadamente 3 años y 8 meses).
- **Relación b/c:** la relación en este escenario indica que por cada peso que se destina a costo, se obtiene un beneficio de \$1,79.

El escenario pesimista tiene considerado un menor porcentaje de participación en el mercado de pavimentos articulados propuesto, en donde se calcula el escenario donde el VAN será igual a 0, cubriendo sólo el 14,578% del mercado (si el porcentaje de participación en el mercado

baja, el proyecto no será rentable). El flujo de caja sin proyecto puede ser visualizado en el Anexo 52, el flujo de caja con proyecto puede ser visualizado en el Anexo 57, y, por último, el flujo de caja a evaluar (incremental) puede ser observado en su totalidad en el Anexo 58. En la Tabla 57 se presentan los indicadores financieros arrojados para su análisis.

**Tabla 57: Indicadores financieros del flujo de caja incremental en escenario pesimista**

<b>VAN</b>	<b>\$0</b>
<b>TIR</b>	<b>11,90%</b>
<b>PRI (años)</b>	<b>10,00</b>
<b>RBC</b>	<b>1,29</b>

*Fuente: Elaboración propia*

- **VAN:** en este escenario el VAN es neutro, con un valor de \$0. Esto refleja que el proyecto no sería rentable en el caso de tener un porcentaje de participación menor al estudiado.
- **TIR:** este indicador es de 11.9%, el cual es igual a la TREMA, por lo tanto, se considera que una mayor participación en el mercado es aceptable para obtener un proyecto rentable.
- **PRI:** el período de recuperación de la inversión del proyecto de planta de ladrillos ecológicos corresponde a 10 años.
- **Relación b/c:** la relación en este escenario indica que por cada peso que se destina a costo, se obtiene un beneficio de \$1,29.

Como análisis final entre los tres escenarios evaluados (observar Tabla 58), se puede observar que el proyecto tendría una rentabilidad produciendo la cantidad de ladrillos ecológicos necesaria para cubrir sobre el 14,58% de proyectos de transporte y vialidad de la I. Municipalidad de Talca. Además, se puede observar que la razón que se obtiene de beneficio versus costo es de 1,29 a 1,79 pesos de beneficio contra un peso de costo, indicador que avala la rentabilidad y recuperación de la inversión.

Por último, se observa un VAN que comprende entre los \$0 (considerando el escenario pesimista) y los 1.537 millones de pesos (considerando el escenario optimista). De esta manera se observa que existe una variación de aproximadamente \$53.233.826 en el VAN por cada 1% que aumenta o disminuye la participación de el reemplazo de ladrillos ecológicos en el mercado,

llegando al resultado en que si el porcentaje de participación en el mercado es menor del 14,58% el VAN será negativo y no será un proyecto rentable.

**Tabla 58: Resumen de indicadores financieros según escenarios evaluados**

<b>Flujo de caja</b>	<b>VAN</b>	<b>TIR</b>	<b>PRI (años)</b>	<b>Relación b/c</b>	<b>Valor de desecho</b>
Base	\$746.174.660	29,30%	5,07	1,61	\$69.006.559
Optimista	\$1.537.640.164	40,14%	3,66	1,79	\$69.006.559
Pesimista	\$0	11,90%	10,00	1,29	\$69.006.559

*Fuente: Elaboración propia*

## CONCLUSIONES

Para el presente proyecto de mejoramiento en que se diseña una planta de producción de ladrillos ecológicos en base de cemento y plástico PET, con base en los indicadores económicos obtenidos se concluye que es un proyecto factible de desarrollar.

En primer lugar, la producción de ladrillos ecológicos (la cual considera todo el plástico PET recolectado según pronósticos) sería utilizada en su totalidad por proyectos del área de transporte y vialidad de la municipalidad de Talca, sin necesidad de comercializar el producto con externos. Queda como recomendación la posible incorporación de este producto a otras áreas del rubro de la construcción, dado que ellas requieren abrir nuevos mercados actualmente inexistentes en Chile.

En segundo lugar, se logra una responsabilidad social y un impacto ambiental positivo, contribuyendo con el reciclaje de plásticos emitidos por la ciudad, cuya cantidad de 909 toneladas recicladas en un periodo de diez años, le brindará un valor agregado a la Ilustre Municipalidad de Talca.

Para finalizar, desarrollando una planta de producción con diez centros de trabajo, cumpliendo con una producción anual de aproximadamente 1,4 millones de ladrillos, cubriendo un valor aproximado del 28,51% de los ladrillos totales que podrían ser utilizados en proyectos de transporte y vialidad, y siendo esta planta localizada en las mismas dependencias en que se encuentra el centro de acopio municipal, el proyecto presenta rentabilidad desde una participación en los proyectos de transporte y vialidad de un 14,58% intercambiando el eventual adoquín por la producción de ladrillos ecológicos.

El proyecto de mejoramiento presenta un VAN positivo al finalizar los periodos de evaluación, y una razón beneficio costo de 1,61, produciendo un ladrillo ecológico a un valor aproximado de \$247, obteniendo un VAN negativo en el caso hipotético en que el porcentaje de participación sobre los proyectos de transporte y vialidad sea menor a un 14,58%.

## BIBLIOGRAFÍA

Aguas Nuevo Sur, 2017. *TARIFAS AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO*. [En línea] Available at: [https://www.nuevosur.cl/nuevosur\\_inc/pdf/tarifas/T1N54904TarifasServiciosRegulados06032017Septima.pdf](https://www.nuevosur.cl/nuevosur_inc/pdf/tarifas/T1N54904TarifasServiciosRegulados06032017Septima.pdf) [Último acceso: 10 Junio 2021].

Alibaba, 2021. *De pequeña escala máquina de fabricación de ladrillos de la lista de precios*. [En línea] Available at: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/small-scale-brick-making-machine-price-list-60769401718.html?spm=a2700.details.0.0.48de2b79jIWwKU> [Último acceso: Junio 2021].

Alibaba, 2021. *Equipo de construcción de bloques de ghana, máquina de moldeo de bloques ecológica, qt4-15 precios*. [En línea] Available at: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/building-construction-equipments-qt4-15-prices-of-block-moulding-machine-in-ghana-machine-for-making-bricks-ecological-60826366998.html?spm=a2700.details.0.0.70907394SstXf2> [Último acceso: Junio 2021].

Alibaba, 2021. *Equipo transportador de tornillo de barrena de acero inoxidable, aditivo de forraje con tolva*. [En línea] Available at: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/stainless-steel-auger-screw-conveyor-equipment-for-fodder-additive-with-hopper-1600102496466.html?spm=a2700.details.0.0.53743b20ZRE1kR> [Último acceso: 02 Julio 2021].

Alibaba, 2021. *Evaluación de mezcladoras*. [En línea] Available at: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/engineers-available-service-machinery-u-trough-stainless-steel-tubular-screw-conveyor->

---

[60541536633.html?spm=a2700.details.0.0.575016e8yE4w1T](https://spanish.alibaba.com/product-detail/60541536633.html?spm=a2700.details.0.0.575016e8yE4w1T)

[Último acceso: 02 Julio 2021].

Alibaba, 2021. *JQ350L mezclador de hormigón de boca plana especializada en la producción de equipos de mezcla de hormigón.* [En línea]

Available at: [https://spanish.alibaba.com/product-detail/jq350l-flat-mouth-concrete-mixer-specializing-in-the-production-of-concrete-mixing-equipment-1600195827001.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal\\_offer.d\\_image.75f56a64g8l6eP](https://spanish.alibaba.com/product-detail/jq350l-flat-mouth-concrete-mixer-specializing-in-the-production-of-concrete-mixing-equipment-1600195827001.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_image.75f56a64g8l6eP)

[Último acceso: 02 Julio 2021].

Alibaba, 2021. *JQ350-Mezclador de hormigón eléctrico portátil.* [En línea]

Available at: [https://spanish.alibaba.com/product-detail/jq350-portable-electrical-concrete-mixer-961444807.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal\\_offer.d\\_image.75f56a64g8l6eP](https://spanish.alibaba.com/product-detail/jq350-portable-electrical-concrete-mixer-961444807.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_image.75f56a64g8l6eP)

[Último acceso: 02 Julio 2021].

Alibaba, 2021. *Línea de lavado y secado de escamas para reciclaje de botellas de PET.* [En línea]

Available at: [https://spanish.alibaba.com/product-detail/line-pet-bottle-recycling-pet-flake-washing-drying-line-](https://spanish.alibaba.com/product-detail/line-pet-bottle-recycling-pet-flake-washing-drying-line-1700004467634.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_image.4a38646blP3Zla&s=p)

[1700004467634.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal\\_offer.d\\_image.4a38646blP3Zla&s=p](https://spanish.alibaba.com/product-detail/line-pet-bottle-recycling-pet-flake-washing-drying-line-1700004467634.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_image.4a38646blP3Zla&s=p)

p

[Último acceso: Junio 2021].

Alibaba, 2021. *Línea de secado para trituración y lavado de botellas de plástico Pet, 300Kg H, máquinas de reciclaje.* [En línea]

Available at: [https://spanish.alibaba.com/product-detail/plastic-pet-bottle-crushing-and-washing-drying-line-300kg-h-recycling-machines-](https://spanish.alibaba.com/product-detail/plastic-pet-bottle-crushing-and-washing-drying-line-300kg-h-recycling-machines-62417035938.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_image.5c0a1ee2eLYUPt&s=p)

[62417035938.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal\\_offer.d\\_image.5c0a1ee2eLYUPt&s=p](https://spanish.alibaba.com/product-detail/plastic-pet-bottle-crushing-and-washing-drying-line-300kg-h-recycling-machines-62417035938.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_image.5c0a1ee2eLYUPt&s=p)

[Último acceso: Junio 2021].

Alibaba, 2021. *Máquina de fabricación de bloques de cemento, QT4-25, completamente automática, ampliamente utilizada.* [En línea]

Available at: <https://spanish.alibaba.com/product-detail/qt4-25-full-automatic-widely-used->

---

cement-concrete-hollow-brick-block-making-machine-60815954889.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal\_offer.d\_image.2a544d14ze10r2  
[Último acceso: Junio 2021].

Alibaba, 2021. *Máquina de reciclaje de botellas de PET, línea de lavado y secado de trituración.* [En línea]  
Available at: [https://spanish.alibaba.com/product-detail/pet-bottle-recycling-machine-of-crushing-washing-drying-line-60053315059.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal\\_offer.d\\_image.5c0a1ee2eLYUPt&s=p](https://spanish.alibaba.com/product-detail/pet-bottle-recycling-machine-of-crushing-washing-drying-line-60053315059.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_image.5c0a1ee2eLYUPt&s=p)  
[Último acceso: Junio 2021].

Alibaba, 2021. *Mezclador de concreto de tipo cacerola, mezclador de concreto forzado 350, mezclador de sartén eléctrico.* [En línea]  
Available at: [https://spanish.alibaba.com/product-detail/pan-type-concrete-mixer-forced-350-concrete-mixer-electric-pan-mixer-62369738850.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal\\_offer.d\\_image.75f56a64g8l6eP](https://spanish.alibaba.com/product-detail/pan-type-concrete-mixer-forced-350-concrete-mixer-electric-pan-mixer-62369738850.html?spm=a2700.galleryofferlist.normal_offer.d_image.75f56a64g8l6eP)  
[Último acceso: 2 Julio 2021].

Alibaba, 2021. *Transportador de tornillo inclinado de la industria, alimentador automático de tornillo, buen diseño, gran oferta.* [En línea]  
Available at: [https://spanish.alibaba.com/product-detail/good-design-hot-sale-industry-inclined-screw-conveyor-screw-feeder-automatic-1600215976250.html?spm=a2700.galleryofferlist.topad\\_creative.d\\_image.7704453eYJpbSf](https://spanish.alibaba.com/product-detail/good-design-hot-sale-industry-inclined-screw-conveyor-screw-feeder-automatic-1600215976250.html?spm=a2700.galleryofferlist.topad_creative.d_image.7704453eYJpbSf)  
[Último acceso: 02 Julio 2021].

Arístegui Maquinaria, 2016. *Códigos de identificación de resinas de plástico.* [En línea]  
Available at: <https://www.aristegui.info/identificacion-de-los-plasticos-por-sus-codigos/>  
[Último acceso: Junio 2021].

BCN, 2015. *Tarifas de distribución de electricidad para consumo residencial en las regiones de Los Lagos, Aysén, Magallanes y Metropolitana.* [En línea]  
Available at: <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjZr>

---

[6eY5I7xAhXoILkGHbcuD8gQFjABegQIAxAD&url=https%3A%2F%2Fwww.bcn.cl%2Fob-tienc-archivo%3Fid%3Drepositorio%2F10221%2F21916%2F1%2FPrecios%2520de%2520distribuci%25C3%25B3n%2520de%2520ele](https://www.bcn.cl/fob-tienc-archivo/3Fid%3Drepositorio%2F10221%2F21916%2F1%2FPrecios%2520de%2520distribuci%25C3%25B3n%2520de%2520ele)

[Último acceso: 10 Junio 2021].

BCN, s.f. *Contaminación por residuos, su influencia en el cambio climático y como afecta nuestro país.* [En línea]

Available at:

[https://www.bcn.cl/delibera/show\\_iniciativa?id\\_colegio=3341&idnac=2&patro=0&nro\\_torneo=2019](https://www.bcn.cl/delibera/show_iniciativa?id_colegio=3341&idnac=2&patro=0&nro_torneo=2019)

[Último acceso: 8 Julio 2021].

Carreño, F., 2020. *Análisis técnico-económico del uso de PET reciclado como reemplazo parcial de áridos finos en hormigones*, Santiago: s.n.

Chile Aduanas Customs, 2021. *¿Cuándo debo pagar Impuestos?*. [En línea]

Available at: <https://www.aduana.cl/cuando-debo-pagar-impuestos/aduana/2018-12-12/233227.html>

[Último acceso: 5 Julio 2021].

CIPER, 2021. *Reciclaje domiciliario en Chile: queremos, pero no nos dejan.* [En línea]

Available at: <https://www.ciperchile.cl/2021/04/09/reciclaje-domiciliario-en-chile-queremos-pero-no-nos-dejan/>

[Último acceso: 24 Abril 2021].

CodexVerde, 2020. *Reciclaje de Chile en cifras: cada persona genera 1,26 kilos de residuos diarios.* [En línea]

Available at: <https://codexverde.cl/cada-chileno-produce-15-kilos-de-basura-al-dia-y-solo-el-10->

[recicla/#:~:text=En%20cuanto%20al%20plástico%2C%20el,mil%20que%20se%20consumen%20anualmente.](https://codexverde.cl/cada-chileno-produce-15-kilos-de-basura-al-dia-y-solo-el-10-recicla/#:~:text=En%20cuanto%20al%20plástico%2C%20el,mil%20que%20se%20consumen%20anualmente.)

[Último acceso: 24 Abril 2021].

CompuTrabajo, 2021. *Consulta el salario medio de Jefe/a de planta en Chile*. [En línea] Available at: <https://www.computrabajo.cl/salarios/jefe-a-de-planta> [Último acceso: 6 Julio 2021].

Construmart, 2021. *Ladrillo Fiscal 15 x 30 x 5 cm*. [En línea] Available at: <https://www.construmart.cl/tiendaonline/webapp/117-776-1124/ladrillo-fiscal-15-x-30-x-5-cm/8896> [Último acceso: 28 Mayo 2021].

Construyendo seguro, 2018. *Consejos para calcular la cantidad de ladrillos en una obra*. [En línea] Available at: <https://www.construyendoseguro.com/calcular-la-cantidad-de-ladrillos-en-una-obra/> [Último acceso: 28 Mayo 2021].

Datos Macro, 2021. *El IPC aumenta hasta el 3,7% en mayo en Chile*. [En línea] Available at: <https://datosmacro.expansion.com/ipc-paises/chile> [Último acceso: 6 Julio 2021].

DonLadrillo, 2021. *Ladrillo de cemento*. [En línea] Available at: <https://donladrillo.com/ladrillo-de-cemento/> [Último acceso: Junio 2021].

Easy, 2021. *Ladrillo fiscal cauquenes 6x15x30 cm Fsad*. [En línea] Available at: [https://www.easy.cl/tienda/producto/421526p?gclid=Cj0KCQjw2NyFBhDoARIsAMtHtZ7QsAyPqB6cbN6f5qSTHUtCQYyCfWJiY\\_OxUDk9QQSeRS5IevHhhAMaApkEEALw\\_wcB](https://www.easy.cl/tienda/producto/421526p?gclid=Cj0KCQjw2NyFBhDoARIsAMtHtZ7QsAyPqB6cbN6f5qSTHUtCQYyCfWJiY_OxUDk9QQSeRS5IevHhhAMaApkEEALw_wcB) [Último acceso: 28 Mayo 2021].

Easy, 2021. *Ladrillo standar 14 x 28 x 5 cm fiscal Linares*. [En línea] Available at: <https://www.easy.cl/tienda/producto/ladrillo-standar-14-x-28-x-5-cm-fiscal-linares-118791p?gclid=Cj0KCQjw2NyFBhDoARIsAMtHtZ4A4OsbxXz3ijkTmzoN74qhbfc6XEXfd>

---

yclIdKkNga13HVaFLhCECMaAqOtEALw\_wcB

[Último acceso: 28 Mayo 2021].

EPA, 2021. *Calculadora de equivalencias de gases de efecto invernadero - Cálculos y referencias.* [En línea]

Available at: <https://espanol.epa.gov/la-energia-y-el-medioambiente/calculadora-de-equivalencias-de-gases-de-efecto-invernadero-calculos-y>

[Último acceso: 8 Julio 2021].

Escuela sindical, 2012. *Aspectos generales del derecho del trabajo.* [En línea]

Available at: [http://www.escuelasindical.org/blog/wp-content/uploads/Formas de contratación laboral en el sector público-22-05-2012.pdf](http://www.escuelasindical.org/blog/wp-content/uploads/Formas-de-contratacion-laboral-en-el-sector-publico-22-05-2012.pdf)

Garrido, T., 2020. *Talca Recicla*, Talca: s.n.

Google Maps, 2021. *Google Maps.* [En línea]

Available at: <https://www.google.cl/maps/@-35.4237521,-71.6391739,309a,35y,180h/data=!3m1!1e3>

[Último acceso: 4 Julio 2021].

ICESI, 2008. *Medidas camiones.* [En línea]

Available at: <https://www.icesi.edu.co/blogs/pregradoeconomialogistica/files/2008/11/medidas-camiones.pdf>

[Último acceso: 02 Julio 2021].

Ilustre Municipalidad de Talca, 2011. *Por un Talca libre de contaminación.* [En línea]

Available at: <https://medioambientetalca.webnode.cl/?quienes%20somos/>

[Último acceso: 29 Marzo 2021].

Ilustre Municipalidad de Talca, 2013. *Ley de transparencia.* [En línea]

Available at: [https://www.talcatransparente.cl/documentos/cat\\_view/53-transparencia-municipal/162-estructura-organica/64-organigrama](https://www.talcatransparente.cl/documentos/cat_view/53-transparencia-municipal/162-estructura-organica/64-organigrama)

Ilustre Municipalidad de Talca, 2019. *¿Qué son los Centros Municipales de Reciclaje (CMR)?*. [En línea] Available at: <https://www.talca.cl/talca-recicla/centros-reciclajes.php> [Último acceso: 6 Mayo 2020].

Ilustre Municipalidad de Talca, 2019. *Bienvenido a Talca Recicla*. [En línea] Available at: <https://www.talca.cl/talca-recicla.php> [Último acceso: 6 Mayo 2021].

Ilustre Municipalidad de Talca, 2019. *Dirección de salud*. [En línea] Available at: <https://www.talca.cl/salud-comunal/subdepartamentos.php> [Último acceso: Marzo 2021].

Ilustre Municipalidad de Talca, 2020. *DAEM*. [En línea] Available at: <https://daem.talca.cl/revista/> [Último acceso: Marzo 2021].

Ilustre Municipalidad de Talca, 2020. *Desarrollo comunitario*. [En línea] Available at: <https://www.talca.cl/dideco.php>

Ilustre Municipalidad de Talca, 2020. *Dirección de Medio Ambiente*. [En línea] Available at: [https://www.talca.cl/?page\\_id=831](https://www.talca.cl/?page_id=831) [Último acceso: Marzo 2021].

Ilustre Municipalidad de Talca, 2020. *Dirección de obras*. [En línea] Available at: [https://www.talca.cl/?page\\_id=9193](https://www.talca.cl/?page_id=9193)

Ilustre Municipalidad de Talca, 2020. *Dirección de tránsito*. [En línea] Available at: [https://www.talca.cl/?page\\_id=9192](https://www.talca.cl/?page_id=9192)

Ilustre Municipalidad de Talca, 2020. *Ilustre Municipalidad de Talca*. [En línea] Available at: <https://www.talca.cl> [Último acceso: Marzo 2021].

Ilustre Municipalidad de Talca, 2020. *Juzgado de policía local*. [En línea]  
Available at: [https://www.talca.cl/?page\\_id=269](https://www.talca.cl/?page_id=269)

Ilustre municipalidad de Talca, 2020. *Plan de capacitación*. [En línea]  
Available at:  
[http://intranet.talca.cl/unidad\\_capacitacion/archivos/2020/Plan de Capacitación año 2020.pdf](http://intranet.talca.cl/unidad_capacitacion/archivos/2020/Plan_de_Capacitaci3n_a3o_2020.pdf)

Imperial, 2021. *Ladrillo fiscal 29x14x5,5 cm*. [En línea]  
Available at: [https://www.imperial.cl/ladrillos-y-enchapes/ladrillo-fiscal-29x14x55cm/product/146065?gclid=Cj0KCQjw2NyFBhDoARIsAMtHtZ5uEa8dYA\\_IbNfNePpgiQjQkOSdwdelr\\_IxGllgI2yOUyPq5nh6nZkaAlzTEALw\\_wcB](https://www.imperial.cl/ladrillos-y-enchapes/ladrillo-fiscal-29x14x55cm/product/146065?gclid=Cj0KCQjw2NyFBhDoARIsAMtHtZ5uEa8dYA_IbNfNePpgiQjQkOSdwdelr_IxGllgI2yOUyPq5nh6nZkaAlzTEALw_wcB)  
[Último acceso: 28 Mayo 2021].

Imperial, 2021. *Ladrillo fiscal 30x15x5 cm*. [En línea]  
Available at: [https://www.imperial.cl/ladrillos-y-enchapes/ladrillo-fiscal-30x15x5cm/product/129710?gclid=Cj0KCQjw2NyFBhDoARIsAMtHtZ572oAn4W91diSu58R3G51nUTJwcdhXoOrl1O5FPLB43FYFmJxHQyIaAsVnEALw\\_wcB](https://www.imperial.cl/ladrillos-y-enchapes/ladrillo-fiscal-30x15x5cm/product/129710?gclid=Cj0KCQjw2NyFBhDoARIsAMtHtZ572oAn4W91diSu58R3G51nUTJwcdhXoOrl1O5FPLB43FYFmJxHQyIaAsVnEALw_wcB)  
[Último acceso: 28 Mayo 2021].

INE, 2017. *Resultados CENSO 2017*. [En línea]  
Available at: <http://resultados.censo2017.cl/Region?R=R07>  
[Último acceso: 20 Mayo 2021].

INE, 2021. *Permisos de edificación, informe anual 2019*. [En línea]  
Available at: <https://www.ine.cl/estadisticas/economia/edificacion-y-construccion/permisos-de-edificacion>  
[Último acceso: 28 Mayo 2021].

INN, 2006. *Bloques de hormig3n para uso estructural - Requisitos generales*. [En línea]  
Available at:  
[https://www.academia.edu/36528174/NCh\\_181\\_OF\\_2006 Bloques de hormigon para uso](https://www.academia.edu/36528174/NCh_181_OF_2006_Bloques_de_hormigon_para_uso)

estructural Requisitos generales

[Último acceso: 16 Junio 2021].

ISSU, 2016. *Guía de construcción: sistema de pavimento articulado*. [En línea] Available at: [https://issuu.com/alejandragutierrezcastro/docs/constru\\_iv](https://issuu.com/alejandragutierrezcastro/docs/constru_iv) [Último acceso: Julio 2021].

José Altamirano, O. B. K. C. F. C. J. S., 2017. *Ladrillos ecológicos con material reciclado PET*, Lima: s.n.

Katherine Campos, F. G. M. M. F. P. J. P., 2019. *Diseño del proceso de producción de ladrillos basados en plástico reciclado*, Piura: s.n.

Le Fort Economía y Finanzas, 2019. *Metodología de cálculo para la tasa de actualización de una empresa eficiente de Distribución Eléctrica*, s.l.: LE&F.

Ley REP, 2021. *Ley REP*. [En línea] Available at: <https://www.leyrep.cl/que-es> [Último acceso: 24 Abril 2021].

Lizeth Rodríguez, M. C. F. L. A. L., 2016. *Factibilidad de uso del PET reciclado en elementos de cubiertas y envolvertes*, San José: s.n.

Melón, 2016. *Cemento*. [En línea] Available at: <http://www.melon.cl/wp-content/uploads/2016/12/9.guiaparaelcuradodelhormigon.pdf> [Último acceso: 13 Junio 2021].

Meyers, F. & Stephens, M., 2006. *Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales*. Tercera ed. México: PEARSON EDUCACIÓN.

MINVU, 2019. *Fija valores unitarios de construcción para aplicar en cálculo de derechos de permisos municipales*. [En línea] Available at: <https://www.minvu.cl/wp-content/uploads/2019/07/Resolución-Exenta-N°-168->

del-14-de-enero-de-2019.pdf

[Último acceso: 5 Julio 2021].

MINVU, 2021. *Oficio N°68.* [En línea]

Available at: <https://www.minvu.gob.cl/wp-content/uploads/2019/07/Oficio-N°68-y-Tabla-2do-trimestre.pdf>

[Último acceso: 5 Julio 2021].

Municipalidad de Talca, 2017. *Cuenta pública 2016*, Talca: s.n.

Municipalidad de Talca, 2018. *Cuenta pública 2017*, Talca: s.n.

Municipalidad de Talca, 2019. *Cuenta pública 2018*, Talca: s.n.

Municipalidad de Talca, 2020. *Cuenta pública 2019*, Talca: s.n.

Municipalidad de Talca, 2021. *Cuenta pública 2020*, Talca: s.n.

National Geographic, 2020. *El 91 por ciento del plástico que fabricamos no se recicla.* [En línea]

Available at: <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/2017/07/el-91-por-ciento-del-plastico-que-fabricamos-no-se-recicla#:~:text=De%20los%208.300%20millones%20de,por%20ciento%20han%20sido%20reciclados.&text=Si%20las%20tendencias%20actuales%20persisten,de%20plá>

[Último acceso: 4 Mayo 2021].

RenovablesVerdes, s.f. *La sobreexplotación de arena genera impactos ambientales y políticos.*

[En línea]

Available at: <https://www.renovablesverdes.com/la-sobreexplotacion-arena-genera-impactos-ambientales-politicos/>

[Último acceso: 8 Julio 2021].

Residuos profesional, 2019. *Sólo el 14% de los residuos plásticos que se generan en todo el mundo se reciclan.* [En línea]

Available at: <https://www.residuosprofesional.com/14-residuos-plasticos-reciclan/#:~:text=El%20mundo%20produce%20aproximadamente%20300,solo%209%25%20se%20ha%20reciclado>

[Último acceso: 2 Mayo 2021].

Riquelme, M., 2018. *Web y Empresas*. [En línea]

Available at: <https://www.webyempresas.com/tasa-de-retorno-minima/>

[Último acceso: 8 Abril 2021].

Riveros, P., 2016. *RECIPLA*, Santiago: s.n.

Sapag, N., 2008. *Preparación y evaluación de proyectos*. Quinta ed. Bogotá: McGrw-Hill Interamericana.

SERNAC, 2003. *Consumo de Agua*. [En línea]

Available at: <https://www.sernac.cl/portal/607/w3-article-1576.html>

[Último acceso: 1 Julio 2021].

SII, 2015. *Impuestos Directos*. [En línea]

Available at: [https://www.sii.cl/aprenda\\_sobre\\_impuestos/impuestos/imp\\_directos.htm](https://www.sii.cl/aprenda_sobre_impuestos/impuestos/imp_directos.htm)

Silvana Mena, L. C. A. H. A. Y., 2020. *Adoquines ecológicos hechos de material reciclado PET*. [En línea]

Available at: [http://repositorio.usil.edu.pe/bitstream/USIL/10942/1/2020\\_Mena%20Bazan.pdf](http://repositorio.usil.edu.pe/bitstream/USIL/10942/1/2020_Mena%20Bazan.pdf)

[Último acceso: 27 Mayo 2021].

Sodimac, 2021. *28.5x14.5 cm Ladrillo Fiscal*. [En línea]

Available at: <https://www.sodimac.cl/sodimac-cl/product/381861/285x14x5-cm-ladrillo-fiscal>

[Último acceso: 28 Mayo 2021].

SODIMAC, 2021. *Adocreto 20 x 10 x 6 cm Recto Liso Gris*. [En línea]

Available at: <https://www.sodimac.cl/sodimac-cl/product/897094/adocreto-20-x-10-x-6-cm-recto-liso-gris>

[Último acceso: Julio 2021].

SUBDERE, 2018. *Diagnóstico nacional y regional sobre generación y eliminación de residuos domiciliarios y asimilables*. [En línea] Available at: [http://www.subdere.gov.cl/sites/default/files/4.10\\_region\\_del\\_maule\\_agosto\\_2018.pdf](http://www.subdere.gov.cl/sites/default/files/4.10_region_del_maule_agosto_2018.pdf) [Último acceso: 20 Mayo 2021].

Tecnología de los plásticos, 2011. *Reciclado mecánico de PET (súper-limpieza)*. [En línea] Available at: <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/07/reciclado-mecanico-de-pet-super.html> [Último acceso: 3 Junio 2021].

UMACON, 2018. *5 pasos para realizar un buen vibrado del hormigón o cemento*. [En línea] Available at: <http://www.umacon.com/noticia.php/es/5-pasos-para-buen-vibrado-hormigon-cemento/446> [Último acceso: 3 Junio 2021].

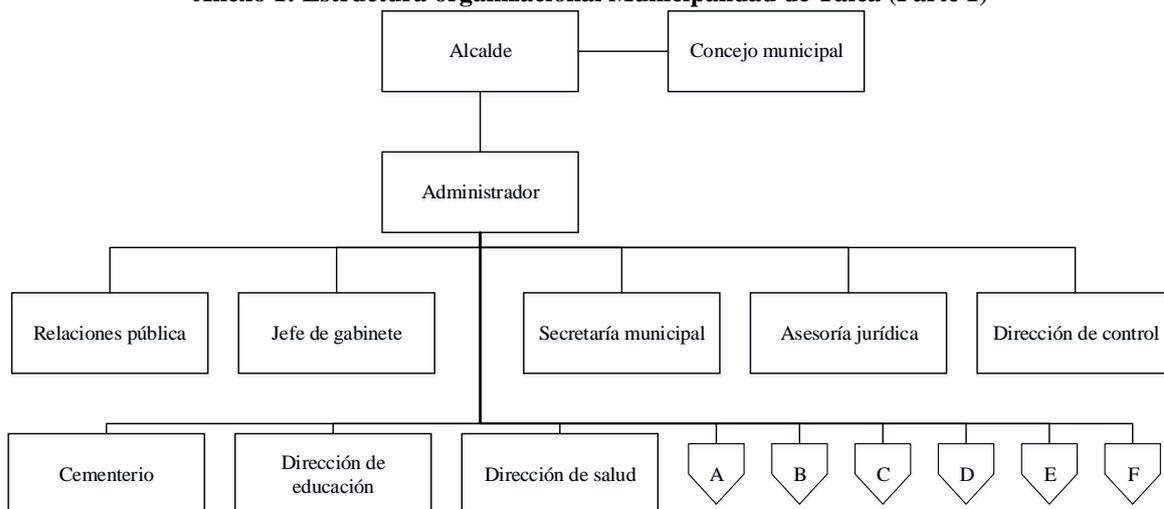
Unidad de gestión ambiental, 2020. *Resumen ejecutivo actualizado Marzo*, Talca: s.n.

VIALITEC, 2018. *Ventajas y aplicaciones de pavimentos articulados (adoquines de concreto)*. [En línea] Available at: [https://www.vialitec.com/contenido/ventajas-y-aplicaciones-de-pavimentos-articulados-\(adoquines-de-concreto\)](https://www.vialitec.com/contenido/ventajas-y-aplicaciones-de-pavimentos-articulados-(adoquines-de-concreto)) [Último acceso: 1 Julio 2021].

VIALITEC, 2018. *VENTAJAS Y APLICACIONES DE PAVIMENTOS ARTICULADOS (ADOQUINES DE CONCRETO)*. [En línea] Available at: [https://www.vialitec.com/contenido/ventajas-y-aplicaciones-de-pavimentos-articulados-\(adoquines-de-concreto\)](https://www.vialitec.com/contenido/ventajas-y-aplicaciones-de-pavimentos-articulados-(adoquines-de-concreto)) [Último acceso: 1 Julio 2021].

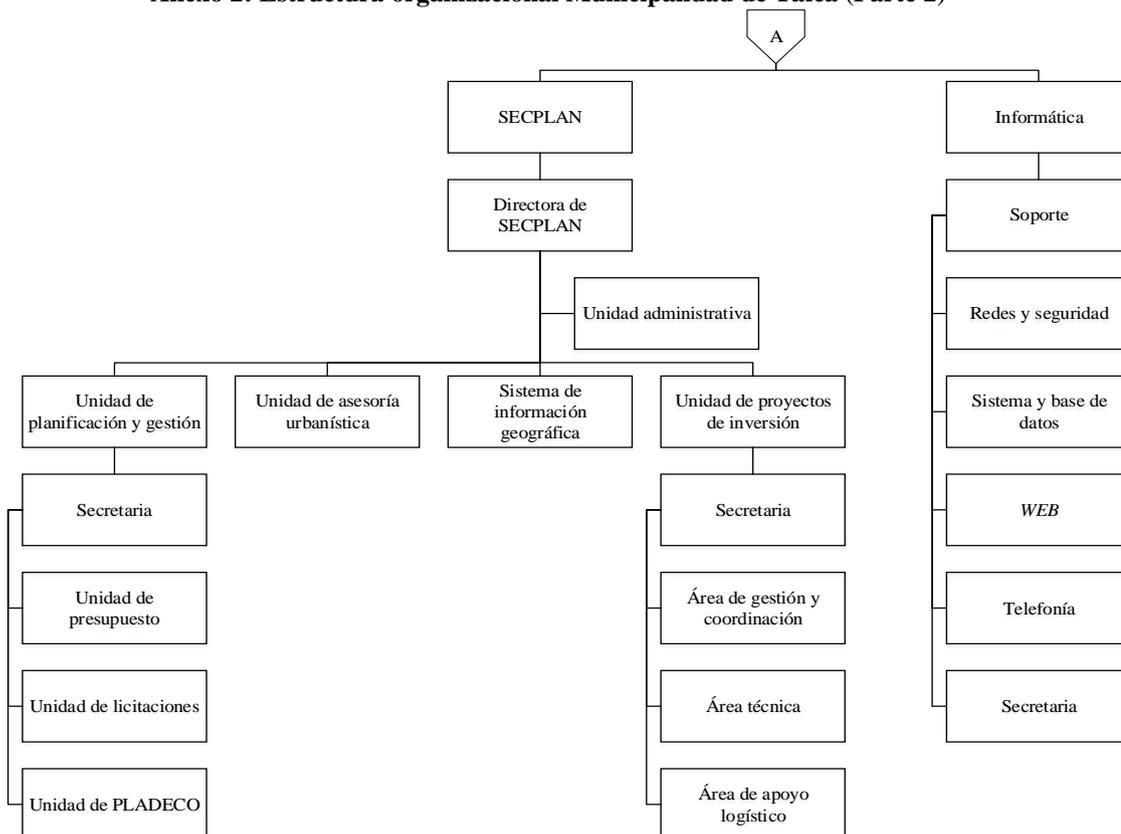
# ANEXOS

## Anexo 1: Estructura organizacional Municipalidad de Talca (Parte 1)



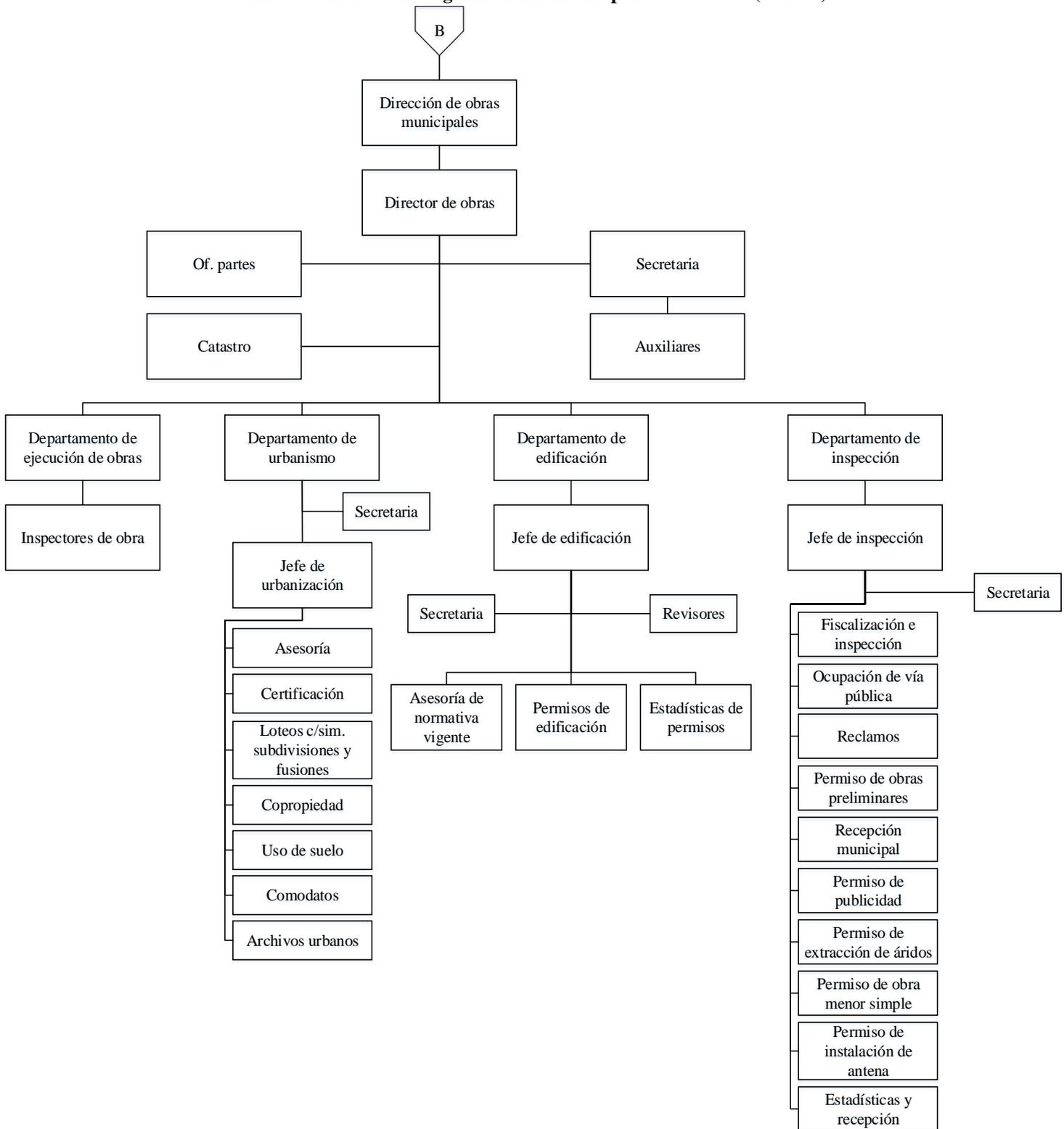
Fuente: Elaboración propia en base a (Ilustre Municipalidad de Talca, 2013)

## Anexo 2: Estructura organizacional Municipalidad de Talca (Parte 2)



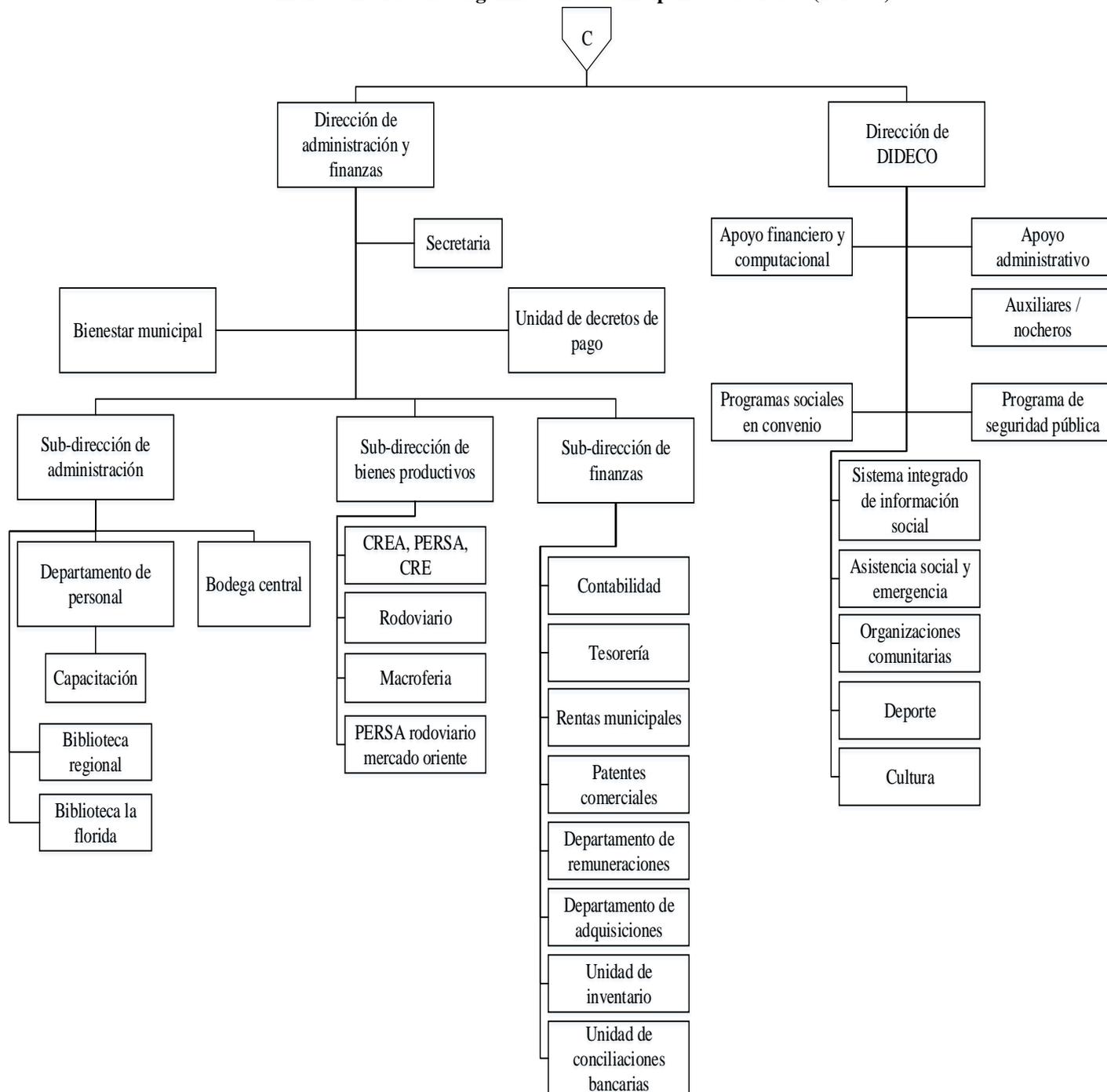
Fuente: Elaboración propia en base a (Ilustre Municipalidad de Talca, 2013)

**Anexo 3: Estructura organizacional Municipalidad de Talca (Parte 3)**



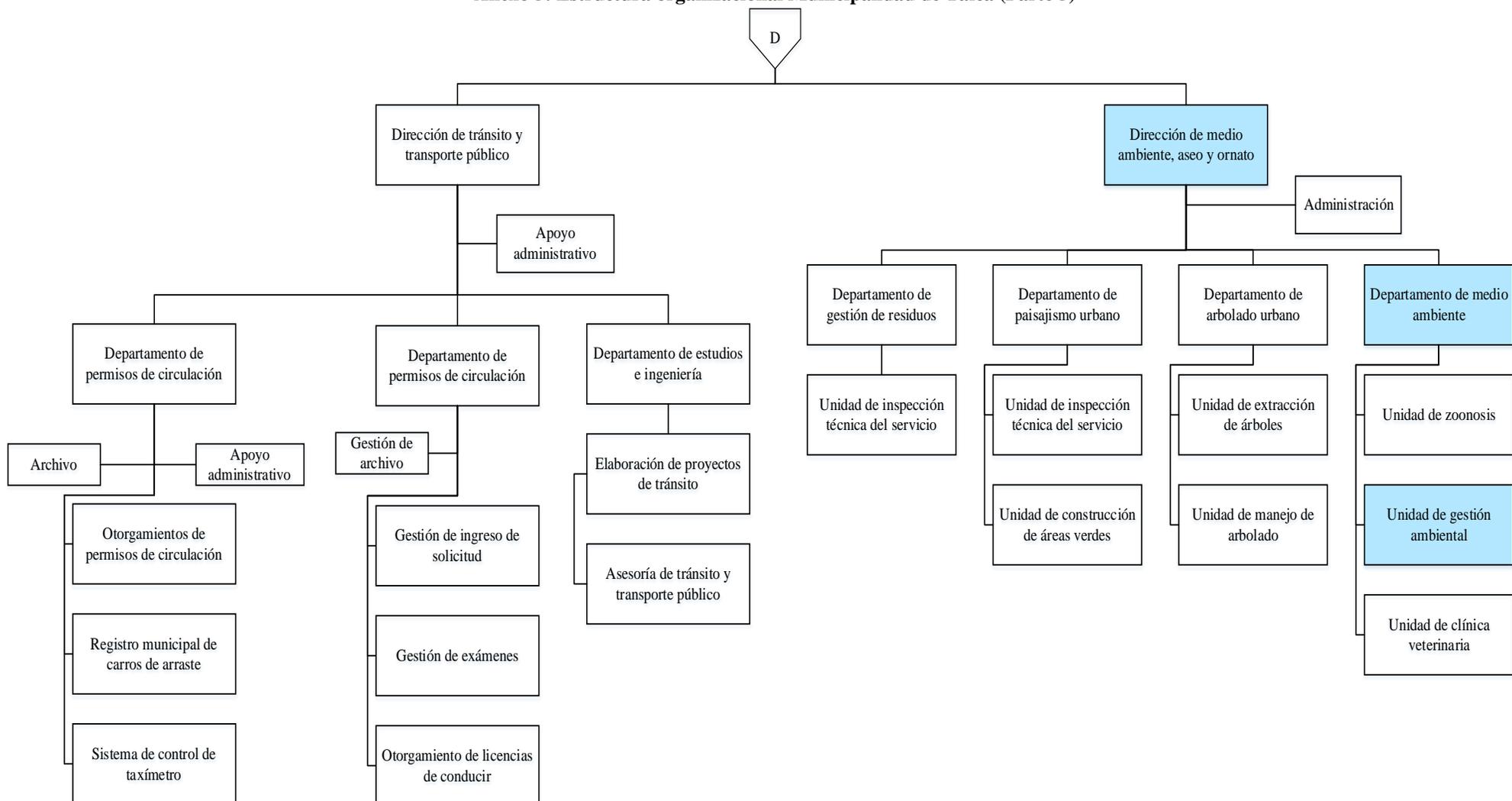
Fuente: Elaboración propia en base a (Ilustre Municipalidad de Talca, 2013)

**Anexo 4: Estructura organizacional Municipalidad de Talca (Parte 4)**



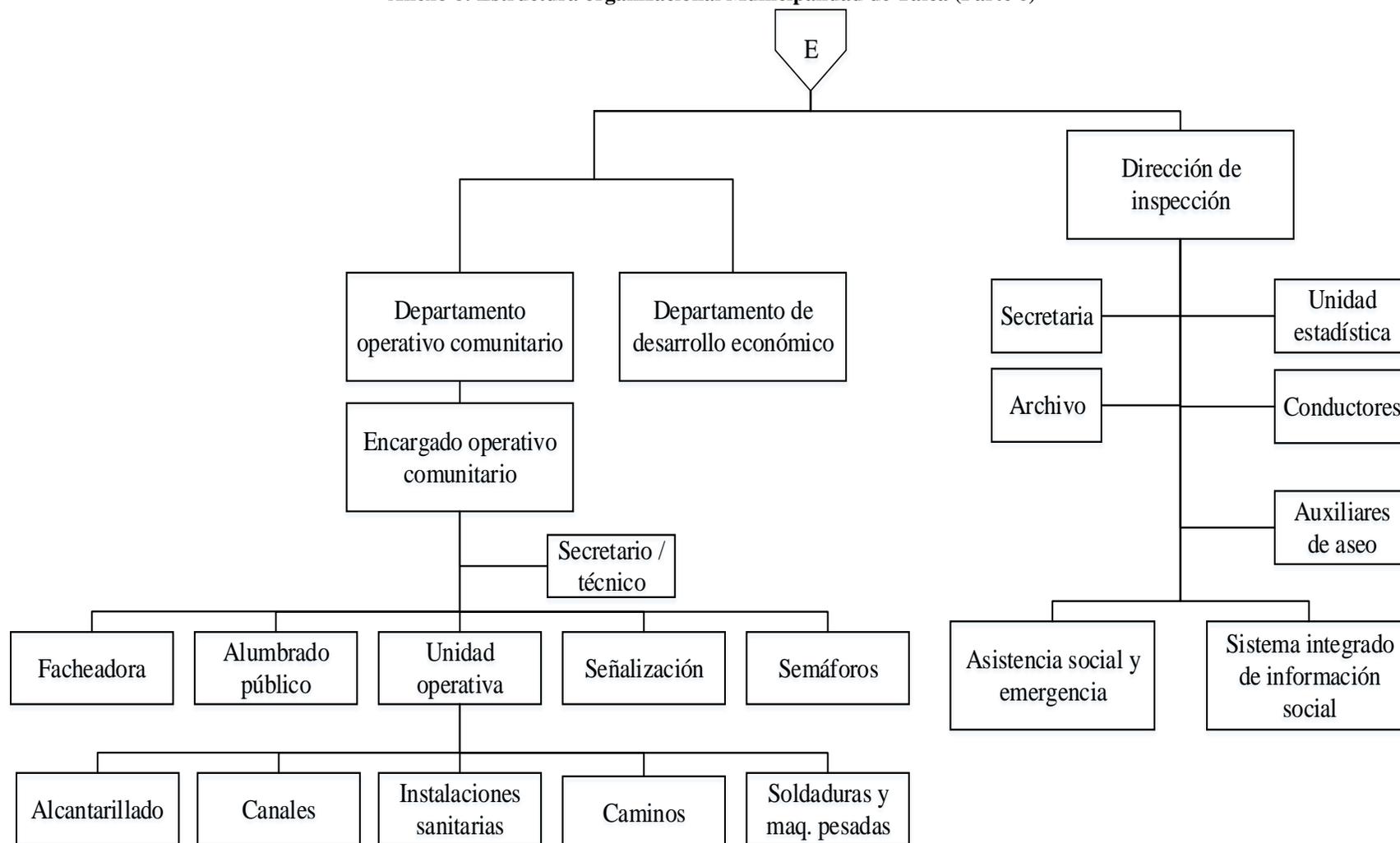
Fuente: Elaboración propia en base a (Ilustre Municipalidad de Talca, 2013)

## Anexo 5: Estructura organizacional Municipalidad de Talca (Parte 5)



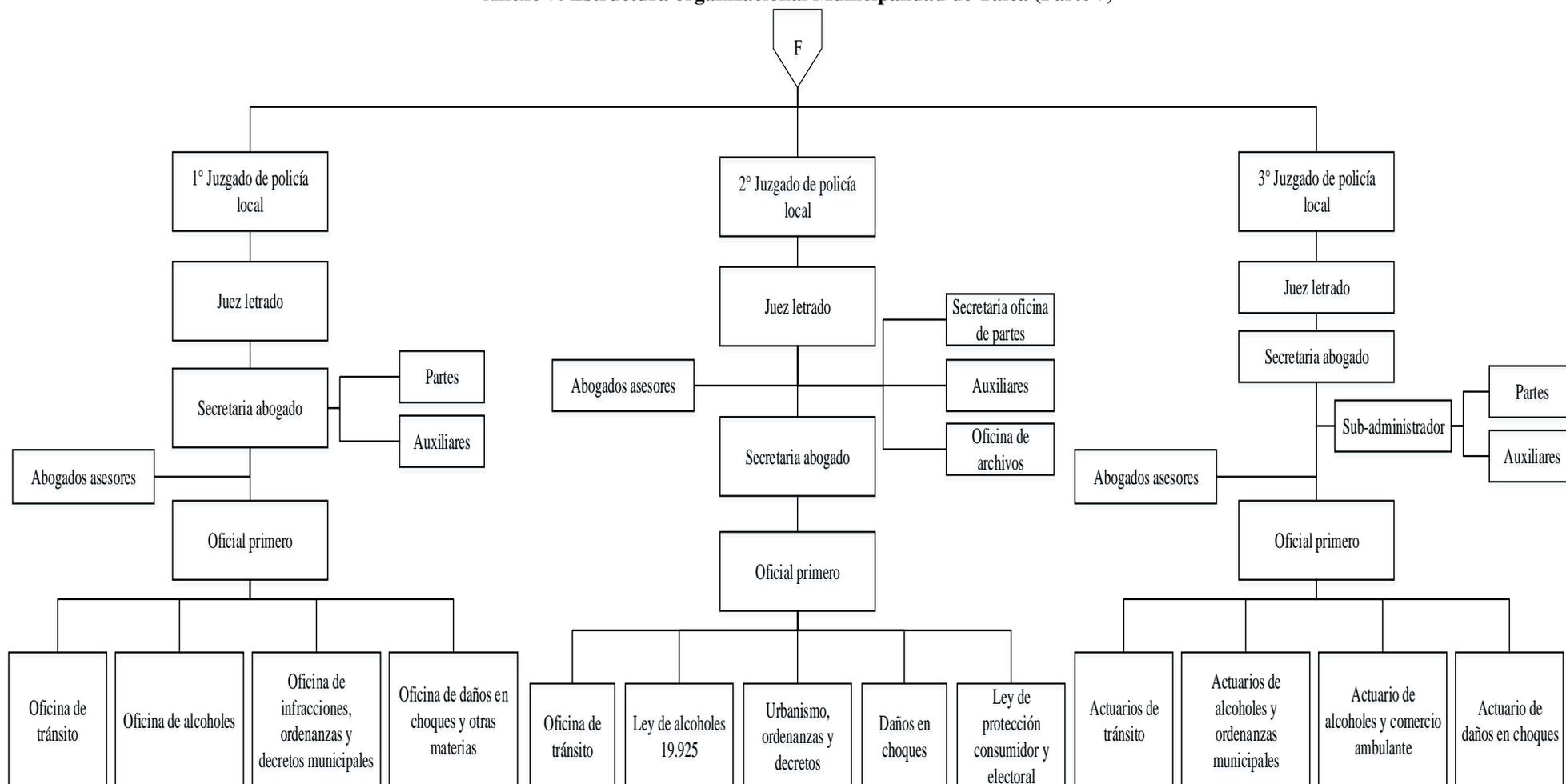
Fuente: Elaboración propia en base a (Ilustre Municipalidad de Talca, 2013)

## Anexo 6: Estructura organizacional Municipalidad de Talca (Parte 6)



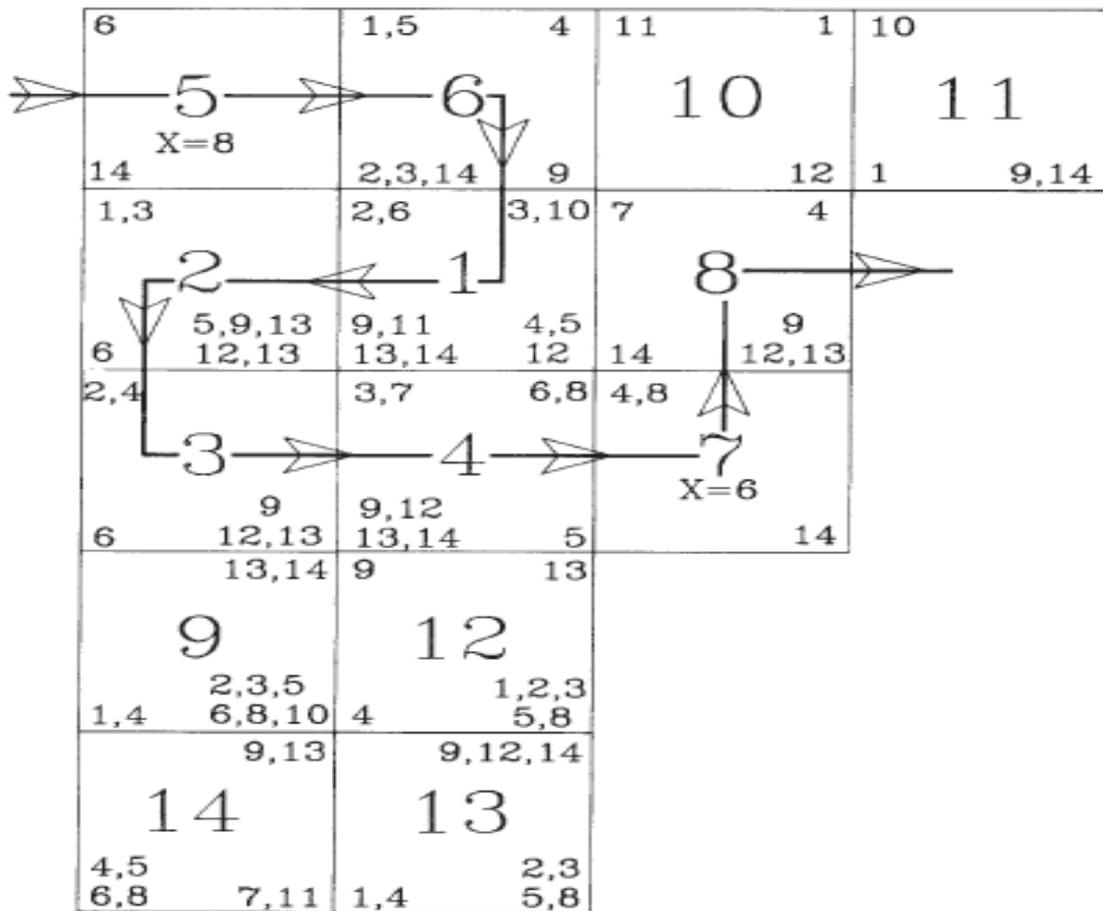
Fuente: Elaboración propia en base a (Ilustre Municipalidad de Talca, 2013)

**Anexo 7: Estructura organizacional Municipalidad de Talca (Parte 7)**



Fuente: Elaboración propia en base a (Ilustre Municipalidad de Talca, 2013)

Anexo 8: Ejemplo de diagrama adimensional de bloques



Fuente: (Meyers & Stephens, 2006)

Anexo 9: Programación de las actividades en el tiempo

Id	EDT	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	
1	1	<b>Proyecto para la valorización de residuos PET de la ciudad de Talca, mediante la producción de ladrillos ecológicos</b>	<b>100 días</b>	<b>lun 15-03-21</b>	<b>vie 30-07-21</b>	
2	1.1	<b>Desarrollar contextualización del proyecto</b>	<b>10 días</b>	<b>lun 15-03-21</b>	<b>vie 26-03-21</b>	
3	1.1.1	Recolectar de datos	4 días	lun 15-03-21	jue 18-03-21	
4	1.1.2	Redactar de contextualización	6 días	vie 19-03-21	vie 26-03-21	
5	1.2	<b>Contextualización finalizada</b>	<b>0 días</b>	<b>vie 26-03-21</b>	<b>vie 26-03-21</b>	
6	1.3	<b>Desarrollar marco teórico y metodología</b>	<b>10 días</b>	<b>lun 29-03-21</b>	<b>vie 09-04-21</b>	
7	1.3.1	Recolectar datos	3 días	lun 29-03-21	mié 31-03-21	
8	1.3.2	Redactar marco teórico	4 días	jue 01-04-21	mar 06-04-21	
9	1.3.3	Redactar metodología	3 días	mié 07-04-21	vie 09-04-21	
10	1.4	<b>Marco teórico y metodología finalizados (Avance 0)</b>	<b>0 días</b>	<b>vie 09-04-21</b>	<b>vie 09-04-21</b>	
11	1.5	<b>Desarrollar diagnóstico de la situación actual</b>	<b>20 días</b>	<b>lun 12-04-21</b>	<b>vie 07-05-21</b>	
12	1.5.1	Recolectar información	14 días	lun 12-04-21	jue 29-04-21	
13	1.5.2	Redactar puntos relevantes de la situación actual	14 días	mar 20-04-21	vie 07-05-21	
14	1.6	<b>Diagnóstico de la situación actual finalizado (Avance 1)</b>	<b>0 días</b>	<b>vie 07-05-21</b>	<b>vie 07-05-21</b>	
15	1.7	<b>Desarrollar propuesta de proyecto</b>	<b>20 días</b>	<b>lun 10-05-21</b>	<b>vie 04-06-21</b>	
16	1.7.1	Definir tamaño del proyecto	3 días	lun 10-05-21	mié 12-05-21	
17	1.7.2	Definir procesos de producción	6 días	jue 13-05-21	jue 20-05-21	
18	1.7.3	Seleccionar tecnologías	5 días	vie 21-05-21	jue 27-05-21	
19	1.7.4	Diseñar planta física	6 días	vie 28-05-21	vie 04-06-21	
20	1.8	<b>Propuesta de proyecto finalizada (Avance 2)</b>	<b>0 días</b>	<b>vie 04-06-21</b>	<b>vie 04-06-21</b>	
21	1.9	<b>Desarrollar evaluación de impactos</b>	<b>12 días</b>	<b>lun 07-06-21</b>	<b>mar 22-06-21</b>	
22	1.9.1	Redactar impactos sociales	3 días	lun 07-06-21	mié 09-06-21	
23	1.9.2	Redactar impactos ambientales	3 días	jue 10-06-21	lun 14-06-21	
24	1.9.3	Redactar impactos organizacionales	3 días	mar 15-06-21	jue 17-06-21	
25	1.9.4	Redactar impactos legales	3 días	vie 18-06-21	mar 22-06-21	
26	1.10	<b>Evaluación de impactos finalizados</b>	<b>0 días</b>	<b>mar 22-06-21</b>	<b>mar 22-06-21</b>	
27	1.11	<b>Desarrollar impacto te cno-e conómico</b>	<b>8 días</b>	<b>mié 23-06-21</b>	<b>vie 02-07-21</b>	
28	1.11.1	Desarrollar flujo de caja	4 días	mié 23-06-21	lun 28-06-21	
29	1.11.2	Desarrollar análisis de sensibilidad	4 días	mar 29-06-21	vie 02-07-21	
30	1.12	<b>Impacto tecno-económico finalizada (Entrega pre-defensa)</b>	<b>0 días</b>	<b>vie 02-07-21</b>	<b>vie 02-07-21</b>	
31	1.13	Realizar propuesta final del proyecto	20 días	lun 05-07-21	vie 30-07-21	
32	1.14	Realizar correcciones en el informe	80 días	lun 12-04-21	vie 30-07-21	
33	1.15	<b>Fin del proyecto (Entrega versión final del informe)</b>	<b>0 días</b>	<b>vie 30-07-21</b>	<b>vie 30-07-21</b>	

Fuente: Elaboración propia

**Anexo 10: Kilogramos de PET recolectados por CMR en el último periodo**

Valores			
Tipo de residuo	Origen	Suma de kg entrante	% de kg entrante
PET	Carlos Trupp	1.617	12,2%
	Circunvalación	660	5,0%
	Faustino gonzález	1.615	12,2%
	Florida	7.033	53,1%
	Las Colines	1.470	11,1%
	Villas unidas	845	6,4%
<b>Total PET</b>		<b>13.241</b>	<b>100%</b>
<b>Total general</b>		<b>13.241</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia

**Anexo 11: Kilogramos de PET recolectado por semana en periodo normal**

Mes	Semana	PET (kg/semana)
Noviembre 2019	1	519
	2	519
	3	766
	4	835
Diciembre 2019	1	861
	2	1.310
	3	1.097
	4	1.075
Enero 2020	1	1.497
	2	1.736
	3	1.549
	4	1.420
Febrero 2020	1	1.549
	2	1.478
	3	1.499
	4	1.467
Marzo 2020	1	1.714
	2	1.630
	3	1.762
	4	1.575

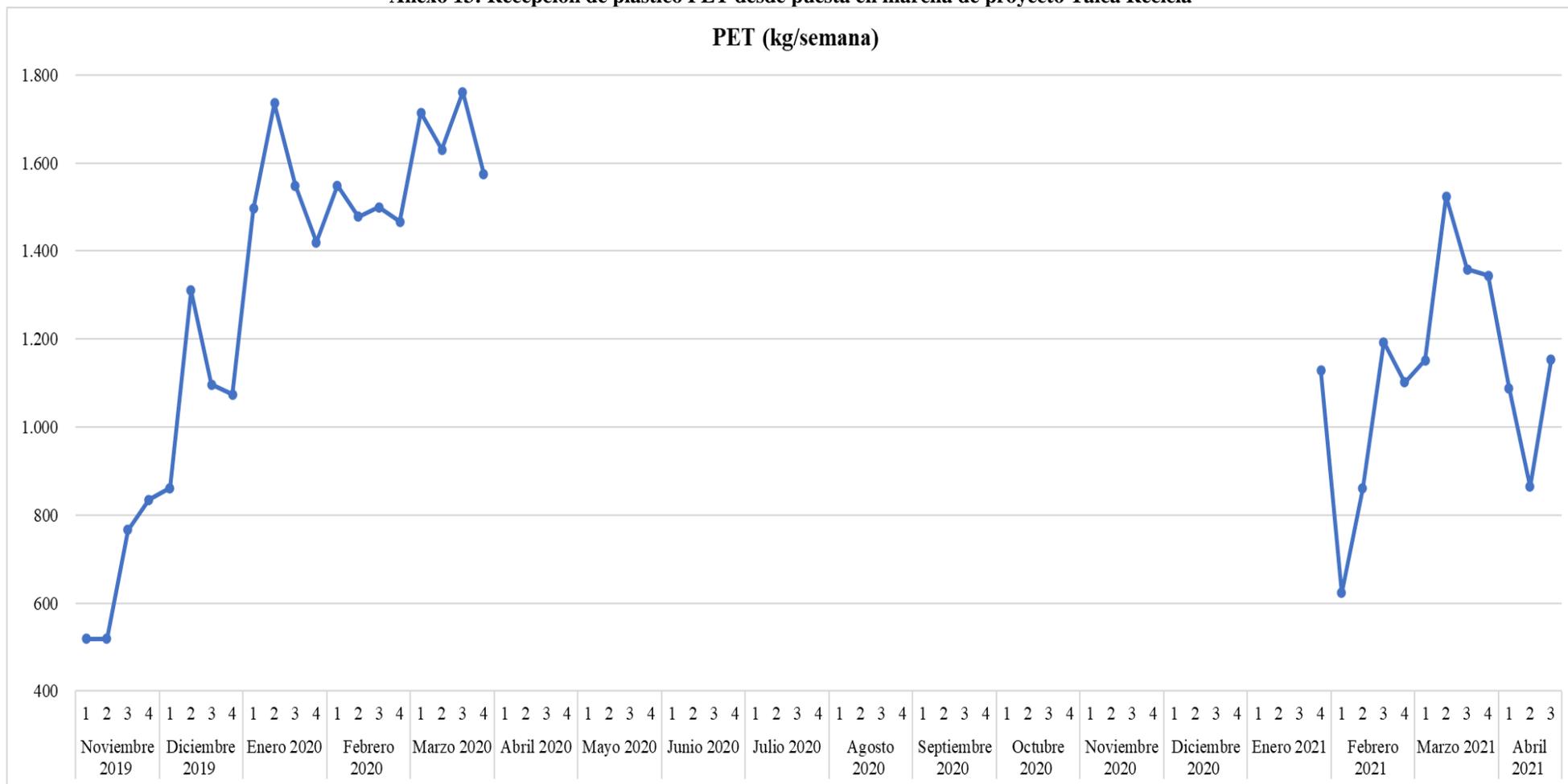
Fuente: Elaboración propia

**Anexo 12: Kilogramos de PET recolectado por semana en periodo en pandemia**

Mes	Semana	PET (kg/semana)
Enero 2021	4	1.129
Febrero 2021	1	623
	2	861
	3	1.193
	4	1.102
Marzo 2021	1	1.152
	2	1.524
	3	1.359
	4	1.344
Abril 2021	1	1.089
	2	865
	3	1.153

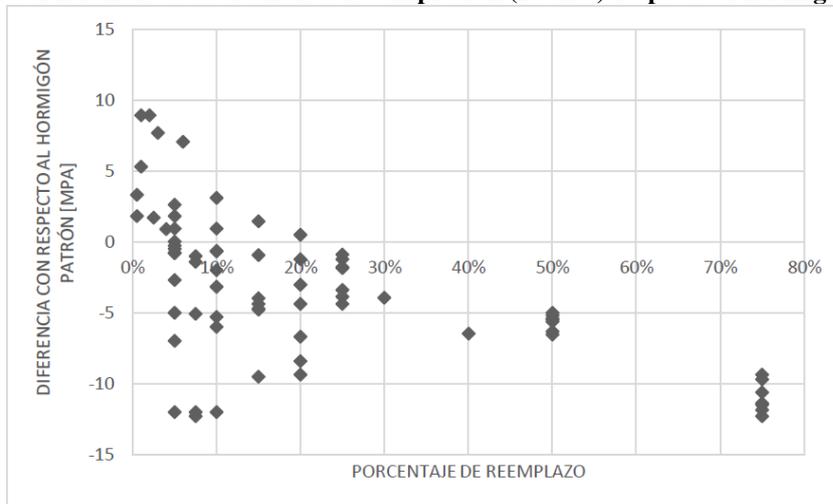
Fuente: Elaboración propia

Anexo 13: Recepción de plástico PET desde puesta en marcha de proyecto Talca Recicla



Fuente: Elaboración propia

### Anexo 14: Diferencia de resistencia a la compresión (28 días) respecto al hormigón patrón



Fuente: (Carreño, 2020)

### Anexo 15: Granulometría, densidad relativa y absorción de la arena y gravilla

Arena			Gravilla		
Tamices		%Pasa Acum.	Tamices		%Pasa Acum.
ASTM	[mm]		ASTM	[mm]	
2"	50,8	100	2"	50,8	100
1 1/2"	38,1	100	1 1/2"	38,1	100
1"	25,4	100	1"	25,4	100
3/4"	19,05	100	3/4"	19,05	97
1/2"	12,7	100	1/2"	12,7	48
3/8"	9,53	100	3/8"	9,53	16
# 4	4,75	88	# 4	4,75	1
# 8	2,36	68	# 8	2,36	0
# 16	1,18	54	# 16	1,18	0
# 30	0,6	38	# 30	0,6	0
# 50	0,3	18	# 50	0,3	0
# 100	0,15	7	# 100	0,15	0
<b>Absorción de agua (%)</b>		1,347	<b>Absorción de agua (%)</b>		0,97
<b>Densidad relativa (kg/m3)</b>		2.673	<b>Densidad relativa (kg/m3)</b>		2.702

Fuente: (Carreño, 2020)

### Anexo 16: Distribución granulométrica para PET reciclado

Tamices		%Pasa Acum.
ASTM	[mm]	
# 4	4,75	100
# 8	2,36	28,1
# 16	1,18	5,9
# 30	0,6	1,2
# 50	0,3	0
# 100	0,15	0
<b>Densidad relativa (kg/m3)</b>		1,299

Fuente: (Carreño, 2020)

## Anexo 17: Edificación autorizada total, superficie en metros cuadrados, según región en año 2019

Región	Vivienda	Industria, comercio y establecimientos financieros	Servicios	Edificación total	Porcentaje de participación
Región de Tarapacá	143.572 m <sup>2</sup>	127.859 m <sup>2</sup>	10.157 m <sup>2</sup>	281.588 m <sup>2</sup>	1,41%
Región de Antofagasta	542.482 m <sup>2</sup>	234.505 m <sup>2</sup>	35.814 m <sup>2</sup>	812.801 m <sup>2</sup>	4,06%
Región de Atacama	96.846 m <sup>2</sup>	90.471 m <sup>2</sup>	31.374 m <sup>2</sup>	218.691 m <sup>2</sup>	1,09%
Región de Coquimbo	611.152 m <sup>2</sup>	249.420 m <sup>2</sup>	56.666 m <sup>2</sup>	917.238 m <sup>2</sup>	4,58%
Región de Valparaíso	1.285.123 m <sup>2</sup>	237.336 m <sup>2</sup>	89.799 m <sup>2</sup>	1.612.258 m <sup>2</sup>	8,05%
Región de O'Higgins	626.614 m <sup>2</sup>	254.053 m <sup>2</sup>	40.652 m <sup>2</sup>	921.319 m <sup>2</sup>	4,60%
Región del Maule	994.115 m <sup>2</sup>	279.902 m <sup>2</sup>	201.360 m <sup>2</sup>	1.475.377 m <sup>2</sup>	7,37%
Región del Biobío	1.235.470 m <sup>2</sup>	323.734 m <sup>2</sup>	111.569 m <sup>2</sup>	1.670.773 m <sup>2</sup>	8,34%
Región de la Araucanía	960.864 m <sup>2</sup>	233.283 m <sup>2</sup>	97.135 m <sup>2</sup>	1.291.282 m <sup>2</sup>	6,45%
Región de Los Lagos	592.350 m <sup>2</sup>	243.227 m <sup>2</sup>	98.358 m <sup>2</sup>	933.935 m <sup>2</sup>	4,66%
Región de Aysén	51.523 m <sup>2</sup>	15.336 m <sup>2</sup>	13.044 m <sup>2</sup>	79.903 m <sup>2</sup>	0,40%
Región de Magallanes y de La Antártica Chilena	98.371 m <sup>2</sup>	91.549 m <sup>2</sup>	16.917 m <sup>2</sup>	206.837 m <sup>2</sup>	1,03%
Región Metropolitana	6.080.516 m <sup>2</sup>	1.715.511 m <sup>2</sup>	571.274 m <sup>2</sup>	8.367.301 m <sup>2</sup>	41,78%
Región de Los Ríos	246.591 m <sup>2</sup>	87.385 m <sup>2</sup>	51.331 m <sup>2</sup>	385.307 m <sup>2</sup>	1,92%
Región de Arica y Parinacota	137.381 m <sup>2</sup>	30.144 m <sup>2</sup>	10.468 m <sup>2</sup>	177.993 m <sup>2</sup>	0,89%
Región de Ñuble	382.639 m <sup>2</sup>	126.585 m <sup>2</sup>	165.854 m <sup>2</sup>	675.078 m <sup>2</sup>	3,37%
<b>Total</b>	<b>14.085.609 m<sup>2</sup></b>	<b>4.340.300 m<sup>2</sup></b>	<b>1.601.772 m<sup>2</sup></b>	<b>20.027.681 m<sup>2</sup></b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia en base a (INE, 2021)

**Anexo 18: Proyectos de transporte y vialidad del año 2016 - Ilustre Municipalidad de Talca**

<b>N° Iniciativa</b>	<b>m2</b>	<b>Ladrillos</b>	<b>Gasto</b>
1	300	11.101	\$ 14.907.000
2	14.890	550.984	\$ 898.947.000
3	11.830	437.730	\$ 714.169.000
4	11.706	433.150	\$ 706.697.000
5	13.263	490.782	\$ 800.726.000
6	13.737	508.323	\$ 829.344.000
7	12.735	471.231	\$ 768.828.000
8	3.125	115.634	\$ 113.700.000
9	1.374	50.842	\$ 41.080.000
10	1.938	71.711	\$ 77.253.000
11	980	36.263	\$ 55.976.000
12	14.685	543.386	\$ 344.711.000
13	9.050	334.869	\$ 546.348.000
14	711	26.300	\$ 42.910.000
15	381	14.105	\$ 23.013.000
16	189	7.001	\$ 11.422.000
17	210	7.774	\$ 12.684.000
18	610	22.578	\$ 36.836.000
19	4.290	158.742	\$ 189.604.000
20	961	35.542	\$ 137.822.000
21	961	35.542	\$ 83.867.000
22	1.561	57.771	\$ 144.088.000
23	449	16.599	\$ 27.082.000
24	6.173	228.430	\$ 372.691.000
25	563	20.824	\$ 33.975.000
<b>Total</b>	<b>126.672</b>	<b>4.687.214</b>	<b>\$ 7.028.680.000</b>

*Fuente: Elaboración propia en base a (Municipalidad de Talca, 2017)*

## Anexo 19: Proyectos de transporte y vialidad del año 2017 - Ilustre Municipalidad de Talca

N° Iniciativa	m2	Ladrillos	Gasto
1	16.170	598.338	\$ 897.847.000
2	11.188	413.992	\$ 621.224.000
3	12.862	475.932	\$ 714.169.000
4	13.500	499.528	\$ 749.576.000
5	13.033	482.249	\$ 723.648.000
6	5.366	198.559	\$ 297.952.000
7	5.934	219.576	\$ 329.489.000
8	967	35.788	\$ 53.703.000
9	819	30.289	\$ 45.450.000
10	1.080	39.978	\$ 59.990.000
11	1.080	39.978	\$ 59.990.000
12	1.027	37.986	\$ 57.000.000
13	810	29.989	\$ 45.000.000
14	2.595	96.022	\$ 144.088.000
15	6.712	248.367	\$ 372.691.000
16	612	22.641	\$ 33.974.000
17	7.808	288.923	\$ 344.293.000
18	12.811	474.039	\$ 453.620.000
19	6.725	248.828	\$ 250.815.000
20	3.333	123.332	\$ 197.354.000
21	5.149	190.530	\$ 530.107.000
22	1.075	39.779	\$ 59.691.000
23	2.350	86.969	\$ 130.503.000
24	1.464	54.157	\$ 81.267.000
25	332	12.297	\$ 18.452.000
26	949	35.109	\$ 52.683.000
27	354	13.100	\$ 19.657.000
28	1.080	39.978	\$ 59.990.000
29	8.104	299.886	\$ 450.000.000
30	1.132	41.889	\$ 62.857.000
31	512	18.959	\$ 28.449.000
32	1.706	63.127	\$ 92.442.000
33	578	21.375	\$ 32.074.000
<b>Total</b>	<b>149.218</b>	<b>5.521.488</b>	<b>\$8.070.045.000</b>

Fuente: Elaboración propia en base a (Municipalidad de Talca, 2018)

## Anexo 20: Proyectos de transporte y vialidad del año 2018 - Ilustre Municipalidad de Talca

N° de iniciativa	m2	Ladrillos	Gasto
1	26.769	990.530	\$ 1.888.057.000
2	11.393	421.590	\$ 803.596.000
3	13.452	497.755	\$ 948.775.000
4	5.351	198.009	\$ 377.426.000
5	10.228	378.471	\$ 721.406.000
6	961	35.542	\$ 153.439.000
7	7.808	288.923	\$ 344.293.000
8	5.192	192.118	\$ 480.296.000
9	1.817	67.246	\$ 450.000.000
10	3.333	123.332	\$ 197.354.000
11	5.150	190.546	\$ 450.000.000
12	846	31.316	\$ 59.691.000
13	1.850	68.466	\$ 130.503.000
14	1.152	42.635	\$ 81.267.000
15	262	9.680	\$ 18.452.000
16	747	27.639	\$ 52.683.000
17	279	10.312	\$ 19.656.000
19	6.380	236.083	\$ 450.000.000
20	8.912	329.765	\$ 628.567.000
21	403	14.925	\$ 28.449.000
22	2.183	80.777	\$ 94.011.000
23	403	14.912	\$ 32.074.000
24	725	26.829	\$ 59.836.000
25	348	12.865	\$ 36.138.000
26	501	18.547	\$ 47.935.000
27	3.507	129.769	\$ 265.207.000
28	5.741	212.433	\$ 227.654.000
29	1.735	64.200	\$ 42.614.000
30	936	34.635	\$ 28.769.000
31	1.536	56.836	\$ 45.890.000
32	905	33.488	\$ 28.679.000
33	765	28.307	\$ 24.652.000
34	387	14.320	\$ 25.500.000
35	288	10.674	\$ 14.915.000
36	1.025	37.928	\$ 42.616.000
37	1.106	40.925	\$ 55.787.000
38	1.531	56.651	\$ 62.907.000
39	279	10.324	\$ 15.345.000
40	961	35.541	\$ 94.030.000
<b>Total</b>	<b>137.148</b>	<b>5.074.842</b>	<b>\$9.528.469.000</b>

Fuente: Elaboración propia en base a (Municipalidad de Talca, 2019)

**Anexo 21: Proyectos de transporte y vialidad del año 2019 - Ilustre Municipalidad de Talca**

<b>N° de iniciativa</b>	<b>m2</b>	<b>Ladrillos</b>	<b>Gasto</b>
1	10.031	371.188	\$ 1.181.255.000
2	6.823	252.488	\$ 803.509.000
3	8.057	298.135	\$ 948.775.000
4	3.173	117.422	\$ 373.681.000
5	6.311	233.532	\$ 743.183.000
6	333	12.322	\$ 453.620.000
7	2.130	78.814	\$ 250.815.000
8	3.333	123.332	\$ 197.354.000
9	4.502	166.576	\$ 530.107.000
11	6.809	251.952	\$ 560.046.000
12	242	8.939	\$ 28.448.000
13	2.183	80.777	\$ 94.011.000
14	403	14.912	\$ 32.073.000
15	725	26.829	\$ 59.836.000
16	1.735	64.200	\$ 42.614.000
17	936	34.635	\$ 28.769.000
18	1.536	56.836	\$ 45.890.000
19	905	33.488	\$ 28.679.000
20	765	28.307	\$ 24.652.000
21	288	10.674	\$ 14.915.000
22	1.025	37.928	\$ 42.616.000
23	1.106	40.925	\$ 55.787.000
24	1.531	56.651	\$ 62.907.000
25	279	10.324	\$ 15.345.000
27	961	35.541	\$ 94.030.000
28	2.964	109.679	\$ 349.039.000
29	387	14.320	\$ 32.342.000
32	3.507	129.769	\$ 288.063.000
33	5.741	212.433	\$ 241.667.000
34	1.390	51.431	\$ 163.673.000
35	375	13.894	\$ 44.216.000
36	31.088	1.150.342	\$ 2.158.184.000
37	5.223	193.252	\$ 615.000.000
<b>Total</b>	<b>116.798</b>	<b>4.321.848</b>	<b>\$ 10.605.101.000</b>

*Fuente: Elaboración propia en base a (Municipalidad de Talca, 2020)*

## Anexo 22: Residuos sólidos domiciliarios emitidos en los últimos cinco años

Mes	RSD 2016 (t)	RSD 2017 (t)	RSD 2018 (t)	RSD 2019 (t)	RSD 2020 (t)	Promedio (t)
Enero	7.772,44	8.549,30	8.311,13	8.397,18	7.863,88	<b>8.178,79</b>
Febrero	7.609,78	7.206,08	7.237,46	7.007,93	6.781,10	<b>7.168,47</b>
Marzo	7.779,46	7.479,32	7.568,04	7.268,86	7.474,40	<b>7.514,02</b>
Abril	6.790,82	6.644,95	6.928,15	6.864,96	6.422,76	<b>6.730,33</b>
Mayo	7.032,77	7.188,56	7.079,22	6.721,12	6.422,54	<b>6.888,84</b>
Junio	5.999,85	6.659,25	6.426,54	6.091,94	6.454,79	<b>6.326,47</b>
Julio	6.216,73	6.700,99	6.493,38	6.436,57	6.977,63	<b>6.565,06</b>
Agosto	7.075,83	6.727,06	6.619,75	6.488,34	6.845,38	<b>6.751,27</b>
Septiembre	6.870,50	7.262,67	6.653,86	6.495,91	7.773,19	<b>7.011,23</b>
Octubre	6.919,63	7.585,98	7.536,10	7.080,96	7.871,83	<b>7.398,90</b>
Noviembre	7.317,86	7.434,71	7.369,64	6.858,77	7.680,05	<b>7.332,21</b>
Diciembre	8.158,02	7.675,30	8.037,32	7.547,54	8.343,61	<b>7.952,36</b>
<b>Total anual</b>	<b>85.543,69</b>	<b>87.114,17</b>	<b>86.260,59</b>	<b>83.260,08</b>	<b>86.911,16</b>	<b>85.817,94</b>

Fuente: Elaboración propia en base a (Municipalidad de Talca, 2021), (Municipalidad de Talca, 2020), (Municipalidad de Talca, 2019), (Municipalidad de Talca, 2018) y (Municipalidad de Talca, 2017)

## Anexo 23: Comparación de proyecciones en el tiempo

Semana	PET (kg/semana)	Proyección			MAD			Mínimos cuadrados		
		R. Logarítmica	R. Lineal	M.M.2	R. Logarítmica	R. Lineal	M.M.2	R. Logarítmica	R. Lineal	M.M.2
1	519	327	732	0	193	212		37.210	45.042	
2	519	643	791	0	124	272		15.471	74.073	
3	766	828	850	519	62	84	247	3.821	6.985	61.123
4	835	959	909	642	124	74	193	15.431	5.436	37.153
5	861	1061	968	801	200	107	61	40.011	11.393	3.663
6	1310	1144	1027	848	165	283	462	27.345	79.980	213.121
7	1097	1215	1086	1086	118	11	12	13.881	119	132
8	1075	1276	1145	1203	201	71	129	40.516	4.992	16.619
9	1497	1330	1204	1086	167	292	411	27.941	85.546	168.884
10	1736	1378	1263	1286	358	473	450	128.379	223.398	202.811
11	1549	1421	1322	1616	128	226	68	16.269	51.229	4.572
12	1420	1461	1381	1642	41	38	223	1.711	1.450	49.644
13	1549	1497	1441	1484	51	108	64	2.609	11.661	4.145
14	1478	1531	1500	1484	53	21	6	2.819	459	34
15	1499	1563	1559	1513	63	59	14	4.030	3.528	198
16	1467	1592	1618	1489	126	151	22	15.807	22.877	494
17	1714	1620	1677	1483	95	38	232	8.941	1.416	53.625
18	1630	1646	1736	1590	16	106	40	253	11.197	1.568
19	1762	1671	1795	1672	91	33	89	8.273	1.111	7.985
20	1575	1694	1854	1696	119	279	120	14.097	77.663	14.519
					125	147	158	21.241	35.978	46.683

Fuente: Elaboración propia en base a información entregada por Ilustre Municipalidad de Talca

Anexo 24: Datos recolectados de estudio del proceso de selección en centro de acopio municipal

Saca	kg entrada	kg PET	kg HDPE	kg PP	% de kg desechados	kg desechados	Tiempo de selección	
							T. por saca	T. por kg
1	22,30 kg	15,58 kg	2,20 kg		20,27%	4,52 kg	0:28:30	0:01:17
2	25,00 kg	16,24 kg	4,80 kg	0,35 kg	14,43%	3,61 kg	0:27:00	0:01:05
3	26,66 kg	18,42 kg	4,20 kg	0,10 kg	14,78%	3,94 kg	0:25:00	0:00:56
4	29,50 kg	20,84 kg	4,22 kg	0,26 kg	14,17%	4,18 kg	0:23:00	0:00:47
5	28,46 kg	17,28 kg	4,78 kg	1,26 kg	18,06%	5,14 kg	0:25:00	0:00:53
6	23,40 kg	15,30 kg	1,40 kg	0,60 kg	26,07%	6,10 kg	0:18:00	0:00:46
7	22,90 kg	15,56 kg	1,80 kg	0,90 kg	20,26%	4,64 kg	0:26:00	0:01:08
8	28,08 kg	16,14 kg	3,62 kg	1,42 kg	24,57%	6,90 kg	0:27:00	0:00:58
9	37,66 kg	20,80 kg	3,68 kg	8,74 kg	11,79%	4,44 kg	0:34:00	0:00:54
10	39,00 kg	18,92 kg	3,38 kg	0,90 kg	40,51%	15,80 kg	0:41:00	0:01:03

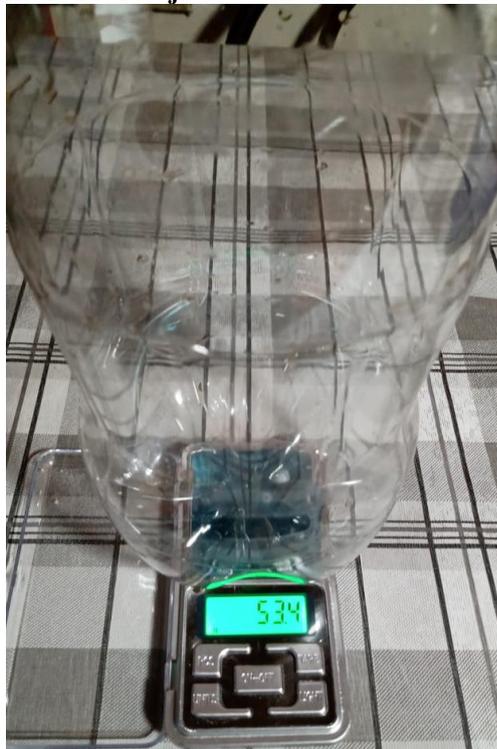
Fuente: Elaboración propia

Anexo 25: Pesaje de 10 etiquetas de botellas de plástico PET



Fuente: Elaboración propia

**Anexo 26: Pesaje de botella PET de tres litros**



*Fuente: Elaboración propia*

**Anexo 27: Pesaje 10 golillas de plástico PP agregadas a la botella de plástico PET**



*Fuente: Elaboración propia*

**Anexo 28: Cantidad de metros cúbicos a producir según el periodo**

Mes	m3 a producir en zona 1 10% de PET	
Enero	54 m3/sem	218 m3/mes
Febrero	50 m3/sem	201 m3/mes
Marzo	52 m3/sem	208 m3/mes
Abril	49 m3/sem	195 m3/mes
Mayo	50 m3/sem	198 m3/mes
Junio	47 m3/sem	189 m3/mes
Julio	48 m3/sem	194 m3/mes
Agosto	49 m3/sem	197 m3/mes
Septiembre	51 m3/sem	202 m3/mes
Octubre	52 m3/sem	209 m3/mes
Noviembre	52 m3/sem	208 m3/mes
Diciembre	55 m3/sem	219 m3/mes
		2.439 m3/año

*Fuente: Elaboración propia*

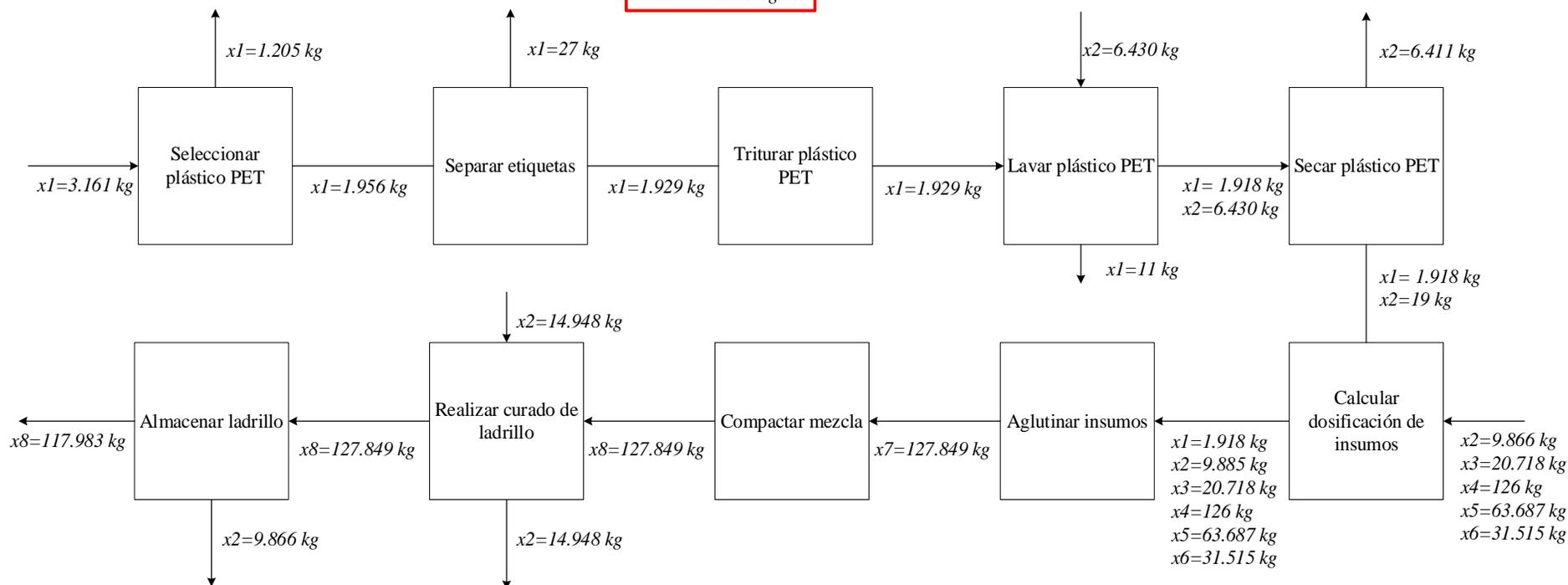
## Anexo 29: Insumos necesarios para producción anual de ladrillos

Necesidad de insumos											
Agua		Cemento		Aditivo		Gravilla		Arena		PET	
9.807 kg/sem	39.229 kg/mes	20.595 kg/sem	82.381 kg/mes	125 kg/sem	501 kg/mes	63.311 kg/sem	253.244 kg/mes	31.329 kg/sem	125.314 kg/mes	1.907 kg/sem	7.628 kg/mes
9.063 kg/sem	36.254 kg/mes	19.033 kg/sem	76.133 kg/mes	116 kg/sem	463 kg/mes	58.510 kg/sem	234.040 kg/mes	28.953 kg/sem	115.811 kg/mes	1.762 kg/sem	7.049 kg/mes
9.350 kg/sem	37.400 kg/mes	19.635 kg/sem	78.540 kg/mes	119 kg/sem	478 kg/mes	60.359 kg/sem	241.437 kg/mes	29.868 kg/sem	119.472 kg/mes	1.818 kg/sem	7.272 kg/mes
8.777 kg/sem	35.108 kg/mes	18.431 kg/sem	73.726 kg/mes	112 kg/sem	449 kg/mes	56.660 kg/sem	226.639 kg/mes	28.037 kg/sem	112.149 kg/mes	1.707 kg/sem	6.826 kg/mes
8.920 kg/sem	35.678 kg/mes	18.731 kg/sem	74.924 kg/mes	114 kg/sem	456 kg/mes	57.581 kg/sem	230.323 kg/mes	28.493 kg/sem	113.972 kg/mes	1.734 kg/sem	6.937 kg/mes
8.513 kg/sem	34.053 kg/mes	17.878 kg/sem	71.512 kg/mes	109 kg/sem	435 kg/mes	54.958 kg/sem	219.833 kg/mes	27.195 kg/sem	108.781 kg/mes	1.655 kg/sem	6.621 kg/mes
8.716 kg/sem	34.862 kg/mes	18.303 kg/sem	73.210 kg/mes	111 kg/sem	445 kg/mes	56.263 kg/sem	225.054 kg/mes	27.841 kg/sem	111.365 kg/mes	1.695 kg/sem	6.779 kg/mes
8.877 kg/sem	35.509 kg/mes	18.642 kg/sem	74.569 kg/mes	113 kg/sem	454 kg/mes	57.307 kg/sem	229.230 kg/mes	28.358 kg/sem	113.431 kg/mes	1.726 kg/sem	6.905 kg/mes
9.094 kg/sem	36.378 kg/mes	19.098 kg/sem	76.393 kg/mes	116 kg/sem	465 kg/mes	58.710 kg/sem	234.839 kg/mes	29.052 kg/sem	116.207 kg/mes	1.768 kg/sem	7.073 kg/mes
9.408 kg/sem	37.633 kg/mes	19.757 kg/sem	79.029 kg/mes	120 kg/sem	481 kg/mes	60.735 kg/sem	242.941 kg/mes	30.054 kg/sem	120.216 kg/mes	1.829 kg/sem	7.318 kg/mes
9.376 kg/sem	37.504 kg/mes	19.690 kg/sem	78.758 kg/mes	120 kg/sem	479 kg/mes	60.527 kg/sem	242.108 kg/mes	29.951 kg/sem	119.804 kg/mes	1.823 kg/sem	7.292 kg/mes
9.866 kg/sem	39.462 kg/mes	20.718 kg/sem	82.870 kg/mes	126 kg/sem	504 kg/mes	63.687 kg/sem	254.749 kg/mes	31.515 kg/sem	126.059 kg/mes	1.918 kg/sem	7.673 kg/mes
	439.070 kg/año		922.046 kg/año		5.610 kg/año		2.834.438 kg/año		1.402.583 kg/año		85.375 kg/año

Fuente: Elaboración propia

**Anexo 30: Balance de masa de los procesos (Periodo de una semana)**

- x1: Plástico*
- x2: Agua*
- x3: Cemento*
- x4: Aditivo*
- x5: Gravilla*
- x6: Arena*
- x7: Mezcla*
- x8: Ladrillo ecológico*



Fuente: Elaboración propia en base a (Katherine Campos, 2019) y (Silvana Mena, 2020)

**Anexo 31: AHP definición de criterio más importante para planta de triturado, lavado y secado**

¿Cuál es más importante?	Valor de inversión	Superficie requerida	Consumo energético específico	Consumo de agua específico
Valor de inversión	1	Valor de inversión	Valor de inversión	Valor de inversión
Superficie requerida		1	Ambas son igualmente importantes	Superficie requerida
Consumo energético específico			1	Consumo energético específico
Consumo de agua específico				1

Fuente: Elaboración propia

**Anexo 32: AHP ¿cuánto más importante? es un criterio para planta de triturado, lavado y secado**

¿Cuánto más importante?	Valor de inversión	Superficie requerida	Consumo energético específico	Consumo de agua específico
Valor de inversión	1	Levemente más importante	Levemente más importante	Fuertemente más importante
Superficie requerida		1	Ambas son igualmente importantes	Moderadamente más importante
Consumo energético específico			1	Levemente más importante
Consumo de agua específico				1

Fuente: Elaboración propia

**Anexo 33: AHP definición de criterio más importante para planta producción de ladrillos**

¿Cuál es más importante?	Valor de inversión	Superficie requerida	Consumo energético específico	Diferencia de volumen esperado del producto
Valor de inversión	1	Valor de inversión	Valor de inversión	Valor de inversión
Superficie requerida		1	Ambas son igualmente importantes	Superficie requerida
Consumo energético específico			1	Consumo energético específico
Diferencia de volumen esperado del producto				1

*Fuente: Elaboración propia*

**Anexo 34: AHP ¿cuánto más importante? es un criterio para planta de producción de ladrillos**

¿Cuánto más importante?	Valor de inversión	Superficie requerida	Consumo energético específico	Diferencia de volumen esperado del producto
Valor de inversión	1	Levemente más importante	Levemente más importante	Total y Absolutamente más importante
Superficie requerida		1	Ambas son igualmente importantes	Fuertemente más importante
Consumo energético específico			1	Fuertemente más importante
Diferencia de volumen esperado del producto				1

*Fuente: Elaboración propia*

Anexo 35: AHP definición de criterio más importante para mezcladora

¿Cuál es más importante?	Valor de inversión	Superficie requerida	Consumo energético específico
Valor de inversión	1	Valor de inversión	Consumo energético específico
Superficie requerida		1	Consumo energético específico
Consumo energético específico			1

Fuente: Elaboración propia

Anexo 36: AHP ¿cuánto más importante? es un criterio para la mezcladora

¿Cuánto más importante?	Valor de inversión	Superficie requerida	Consumo energético específico
Valor de inversión	1	Levemente más importante	Moderadamente más importante
Superficie requerida		1	Total y absolutamente más importante
Consumo energético específico			1

Fuente: Elaboración propia

Anexo 37: AHP definición de criterio más importante para transportador de tornillo

¿Cuál es más importante?	Valor de inversión	Superficie requerida	Consumo energético específico
Valor de inversión	1	Valor de inversión	Valor de inversión
Superficie requerida		1	Consumo energético específico
Consumo energético específico			1

Fuente: Elaboración propia

**Anexo 38: AHP ¿cuánto más importante? es un criterio para transportador de tornillo**

¿Cuánto más importante?	Valor de inversión	Superficie requerida	Consumo energético específico
Valor de inversión	1	Total y absolutamente más importante	Levemente más importante
Superficie requerida		1	Moderadamente más importante
Consumo energético específico			1

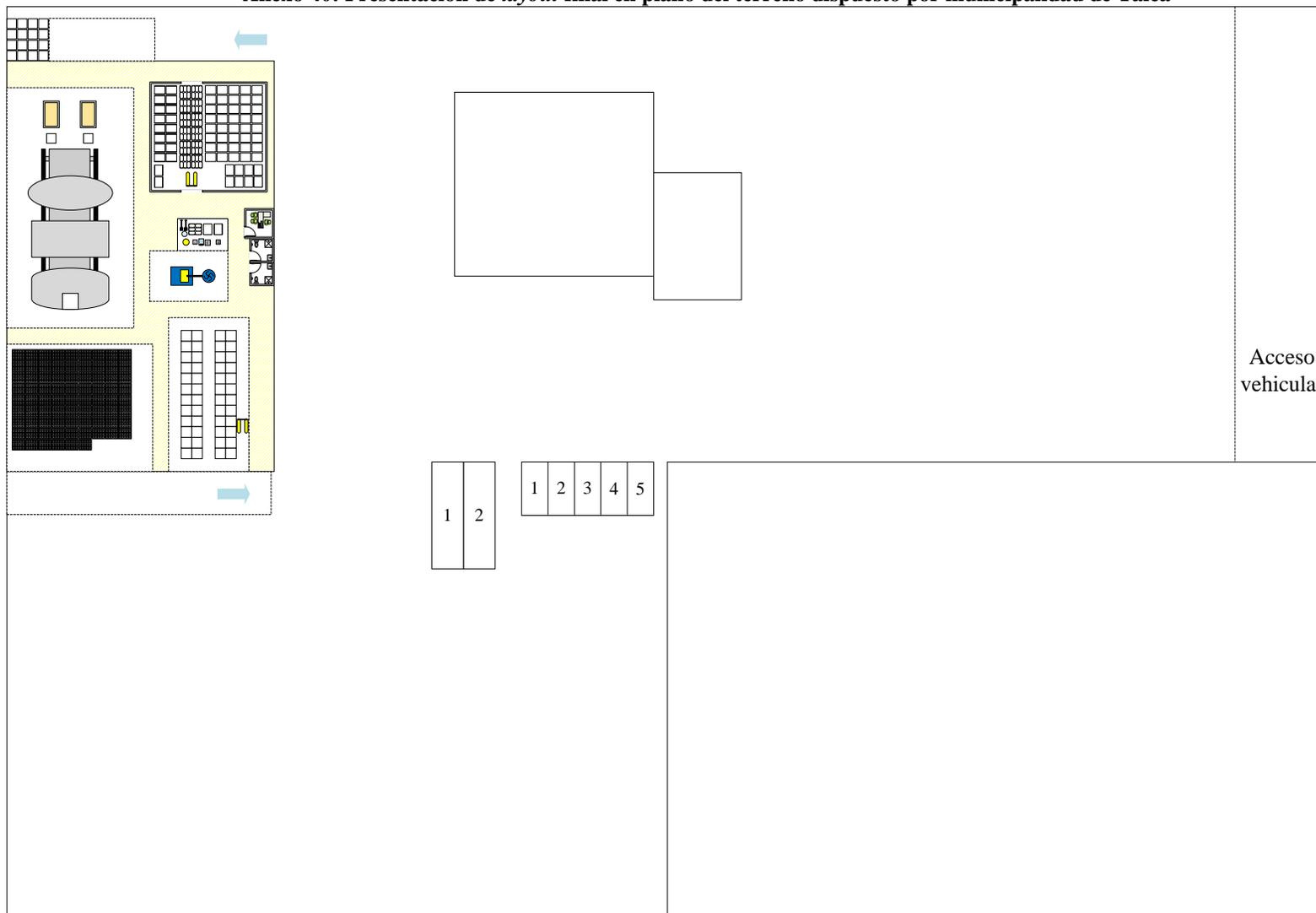
*Fuente: Elaboración propia*

**Anexo 39: Porcentaje y cantidad del tipo de relación de los centros de trabajo**

Código	Cantidad	Porcentaje
<b>A</b>	2	2,2%
<b>E</b>	4	4,4%
<b>I</b>	6	6,7%
<b>O</b>	10	11,1%
<b>U</b>	68	75,6%
<b>X</b>	0	0%

*Fuente: Elaboración propia*

Anexo 40: Presentación de *layout* final en plano del terreno dispuesto por municipalidad de Talca



Fuente: Elaboración propia en base a información brindada por Ilustre Municipalidad de Talca

## Anexo 41: Balance de mobiliarios

Centro de trabajo	Mobiliario	Cantidad	Costo unitario (CLPS)	Costo total (CLPS)	Vida útil normal (años)	Vida útil acelerada (años)	Valor liquidación (%)	Ingreso total (CLPS)	Depreciación (CLPS)
Oficina del encargado de planta	Escritorio	1	\$99.990	\$99.990	7	2	40%	\$39.996	\$49.995
	Silla de escritorio	3	\$79.990	\$239.970	7	2	30%	\$71.991	\$119.985
Baños	Ducha	2	\$32.990	\$65.980	7	2	20%	\$13.196	\$32.990
	Lavamanos	2	\$19.990	\$39.980	7	2	20%	\$7.996	\$19.990
	Innodoro	2	\$58.990	\$117.980	7	2	20%	\$23.596	\$58.990
<b>Costo total</b>				<b>\$563.900</b>					

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 42: Balance de equipos

Equipo	Cantidad	Costo unitario (CLPS)	Costo total (CLPS)	Vida útil normal (años)	Vida útil acelerada (años)	Valor liquidación (%)	Ingreso total (CLPS)	Depreciación (CLPS)
Mesón	2	\$330.331	\$660.662	7	2	60%	\$396.397	\$330.331
Maxi saca	2	\$36.614	\$73.228	3	1	10%	\$7.323	\$73.228
Planta de triturado	1	\$22.753.287	\$22.753.287	15	5	30%	\$6.825.986	\$4.550.657
Máquina productora de ladrillos	1	\$5.492.362	\$5.492.362	15	5	30%	\$1.647.709	\$1.098.472
Mezcladora	1	\$721.876	\$721.876	15	5	30%	\$216.563	\$144.375
Transportador de tornillo	1	\$1.283.334	\$1.283.334	15	5	30%	\$385.000	\$256.667
Estanque acero (0,4x0,4x0,355) m	1	\$45.908	\$45.908	10	3	30%	\$13.772	\$15.303
Estanque acero (0,5x0,5x0,806) m	1	\$117.419	\$117.419	10	3	30%	\$35.226	\$39.140
Estanque acero (0,4x0,4x0,366) m	1	\$47.018	\$47.018	10	3	30%	\$14.105	\$15.673
Bidón (60 l)	1	\$62.000	\$62.000	10	3	20%	\$12.400	\$20.667
Balanza digital	1	\$54.990	\$54.990	9	3	30%	\$16.497	\$18.330
Pala	2	\$7.490	\$14.980	3	1	10%	\$1.498	\$14.980
Pallet (1,2x1) m	90	\$6.533	\$587.979	3	1	50%	\$293.990	\$587.979
Europallet (0,8x1) m	84	\$3.094	\$259.896	3	1	50%	\$129.948	\$259.896
Transpaleta	3	\$333.790	\$1.001.370	7	2	50%	\$500.685	\$500.685
Estanque acero inox. (1x1x1,3) m	48	\$3.193.413	\$153.283.840	10	3	60%	\$91.970.304	\$51.094.613
Computador	1	\$419.990	\$419.990	6	2	60%	\$251.994	\$209.995
<b>Costo total</b>			<b>\$186.880.139</b>					

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 43: Balance de obras físicas

Zona de construcción	Especificación técnica	Tamaño (m <sup>2</sup> )	Costo unitario (CLPS/m <sup>2</sup> )	Costo total (CLPS)	Vida útil normal (años)	Vida útil acelerada (años)	Valor liquidación (%)	Ingreso total (CLPS)	Depreciación (CLPS)
Acopio de plástico	Clase AA - Categ. C	56	\$20.656	\$1.156.736	80	26	30%	\$347.021	\$44.490
Tratamiento de PET	Clase AA - Categ. A	270	\$103.219	\$27.869.130	80	26	30%	\$8.360.739	\$1.071.890
Producción de ladrillos	Clase AA - Categ. A	35	\$103.219	\$3.612.665	80	26	30%	\$1.083.800	\$138.949
Dosificación de insumos	Clase AA - Categ. A	14,4	\$103.219	\$1.486.354	80	26	30%	\$445.906	\$57.167
Bodega de insumos	Clase G - Categ. 4	108	\$98.842	\$10.674.936	80	26	30%	\$3.202.481	\$410.574
Planta de curado	Clase AA - Categ. A	109,44	\$103.219	\$11.296.287	80	26	30%	\$3.388.886	\$434.473
Bodega de almacenado	Clase G - Categ. 4	164,2	\$98.842	\$16.229.856	80	26	30%	\$4.868.957	\$624.225
Zona de despacho	Clase AA - Categ. C	100	\$20.656	\$2.065.600	80	26	30%	\$619.680	\$79.446
Oficina encargado de planta	Clase G - Categ. 4	6,25	\$98.842	\$617.763	80	26	30%	\$185.329	\$23.760
Baño	Clase G - Categ. 4	8	\$98.842	\$790.736	80	26	30%	\$237.221	\$30.413
Pasillos	Clase AA - Categ. C	303	\$20.656	\$6.258.768	80	26	30%	\$1.877.630	\$240.722
<b>Total</b>				<b>\$82.058.831</b>					

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 44: Calendario de inversiones (CLP\$)

Balance	Activo	Vida útil normal (años)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Mobiliario	Escritorio	7	\$99.990							\$99.990			
	Silla de escritorio	7	\$239.970							\$239.970			
	Ducha	7	\$65.980							\$65.980			
	Lavamanos	7	\$39.980							\$39.980			
	Inodoro	7	\$117.980							\$117.980			
	Mesón	7	\$660.662							\$660.662			
Equipos	Maxi saca	3	\$73.228			\$73.228			\$73.228			\$73.228	
	Planta de triturado	15	\$22.753.287										
	Máquina productora de ladrillos	15	\$5.492.362										
	Mezcladora	15	\$721.876										
	Transportador de tornillo	15	\$1.283.334										
	Estanque acero (0,4x0,4x0,355) m	10	\$45.908										\$45.908
	Estanque acero (0,5x0,5x0,806) m	10	\$117.419										\$117.419
	Estanque acero (0,4x0,4x0,366) m	10	\$47.018										\$47.018
	Bidón (60 l)	10	\$62.000										\$62.000
	Balanza digital	9	\$54.990									\$54.990	
	Pala	3	\$14.980			\$14.980			\$14.980			\$14.980	
	Pallet (1,2x1) m	3	\$587.979			\$587.979			\$587.979			\$587.979	
	Europallet (0,8x1) m	3	\$259.896			\$259.896			\$259.896			\$259.896	
	Transpaleta	7	\$1.001.370							\$1.001.370			
	Estanque acero inox. (1x1x1,3) m	10	\$153.283.840										\$153.283.840
	Computador	6	\$419.990							\$419.990			
	<b>Total</b>			\$187.444.039	\$ -	\$0	\$936.083	\$0	\$0	\$1.356.073	\$2.225.932	\$0	\$991.073
<b>Total de obras físicas</b>			\$82.058.831										

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 45: Calendario de venta de activos (CLP\$)

Balance	Activo	Vida útil normal (años)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Mobiliario	Escritorio	7								\$39.996			
	Silla de escritorio	7								\$71.991			
	Ducha	7								\$13.196			
	Lavamanos	7								\$7.996			
	Inodoro	7								\$23.596			
Equipos	Mesón	7								\$396.397			
	Maxi saca	3				\$7.323			\$7.323			\$7.323	
	Planta de triturado	15											
	Máquina productora de ladrillos	15											
	Mezcladora	15											
	Transportador de tornillo	15											
	Estanque acero (0,4x0,4x0,355) m	10											\$13.772
	Estanque acero (0,5x0,5x0,806) m	10											\$35.226
	Estanque acero (0,4x0,4x0,366) m	10											\$14.105
	Bidón (60 l)	10											\$12.400
	Balanza digital	9										\$16.497	
	Pala	3				\$1.498			\$1.498			\$1.498	
	Pallet (1,2x1) m	3				\$293.990			\$293.990			\$293.990	
	Europallet (0,8x1) m	3				\$129.948			\$129.948			\$129.948	
	Transpaleta	7								\$500.685			
Estanque acero inox. (1x1x1,3) m	10											\$91.970.304	
Computador	6								\$251.994				
<b>Total de mobiliario</b>			\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$156.775	\$0	\$0	\$0
<b>Total de equipos</b>			\$0	\$0	\$0	\$432.758	\$0	\$0	\$684.752	\$897.082	\$0	\$449.255	\$92.045.808
<b>Total</b>			\$0	\$0	\$0	\$432.758	\$0	\$0	\$684.752	\$1.053.857	\$0	\$449.255	\$92.045.808

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 46: Calendario de depreciación (CLP\$)

Balance	Activo	Vida útil normal (años)	Vida útil acelerada (años)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Mobiliario	Escritorio	7	2		\$49.995	\$49.995						\$49.995	\$49.995	
	Silla de escritorio	7	2		\$119.985	\$119.985						\$119.985	\$119.985	
	Ducha	7	2		\$32.990	\$32.990						\$32.990	\$32.990	
	Lavamanos	7	2		\$19.990	\$19.990						\$19.990	\$19.990	
	Inodoro	7	2		\$58.990	\$58.990						\$58.990	\$58.990	
Equipos	Mesón	7	2		\$330.331	\$330.331						\$330.331	\$330.331	
	Maxi saca	3	1		\$73.228			\$73.228			\$73.228			\$73.228
	Planta de triturado	15	5		\$4.550.657	\$4.550.657	\$4.550.657	\$4.550.657	\$4.550.657					
	Máquina productora de ladrillos	15	5		\$1.098.472	\$1.098.472	\$1.098.472	\$1.098.472	\$1.098.472					
	Mezcladora	15	5		\$144.375	\$144.375	\$144.375	\$144.375	\$144.375					
	Transportador de tornillo	15	5		\$256.667	\$256.667	\$256.667	\$256.667	\$256.667					
	Estanque acero (0,4x0,4x0,355) m	10	3		\$15.303	\$15.303	\$15.303							
	Estanque acero (0,5x0,5x0,806) m	10	3		\$39.140	\$39.140	\$39.140							
	Estanque acero (0,4x0,4x0,366) m	10	3		\$15.673	\$15.673	\$15.673							
	Bidón (60 l)	10	3		\$20.667	\$20.667	\$20.667							
	Balanza digital	9	3		\$18.330	\$18.330	\$18.330							\$18.330
	Pala	3	1		\$14.980				\$14.980		\$14.980			\$14.980
	Pallet (1,2x1) m	3	1		\$587.979				\$587.979		\$587.979			\$587.979
	Europallet (0,8x1) m	3	1		\$259.896				\$259.896		\$259.896			\$259.896
	Transpaleta	7	2		\$500.685	\$500.685						\$500.685	\$500.685	
	Estanque acero inox. (1x1x1,3) m	10	3		\$51.094.613	\$51.094.613	\$51.094.613							
Computador	6	2		\$209.995	\$209.995					\$209.995	\$209.995			
Obras físicas	Acopio de plástico	80	26		\$31.778	\$31.778	\$31.778	\$31.778	\$31.778	\$31.778	\$31.778	\$31.778	\$31.778	\$31.778
	Tratamiento de PET	80	26		\$1.071.890	\$1.071.890	\$1.071.890	\$1.071.890	\$1.071.890	\$1.071.890	\$1.071.890	\$1.071.890	\$1.071.890	\$1.071.890
	Producción de ladrillos	80	26		\$138.949	\$138.949	\$138.949	\$138.949	\$138.949	\$138.949	\$138.949	\$138.949	\$138.949	\$138.949
	Dosificación de insumos	80	26		\$57.167	\$57.167	\$57.167	\$57.167	\$57.167	\$57.167	\$57.167	\$57.167	\$57.167	\$57.167
	Bodega de insumos	80	26		\$410.574	\$410.574	\$410.574	\$410.574	\$410.574	\$410.574	\$410.574	\$410.574	\$410.574	\$410.574
	Planta de curado	80	26		\$434.473	\$434.473	\$434.473	\$434.473	\$434.473	\$434.473	\$434.473	\$434.473	\$434.473	\$434.473
	Bodega de almacenado	80	26		\$624.225	\$624.225	\$624.225	\$624.225	\$624.225	\$624.225	\$624.225	\$624.225	\$624.225	\$624.225
	Zona de despacho	80	26		\$79.446	\$79.446	\$79.446	\$79.446	\$79.446	\$79.446	\$79.446	\$79.446	\$79.446	\$79.446
	Oficina encargado de planta	80	26		\$23.760	\$23.760	\$23.760	\$23.760	\$23.760	\$23.760	\$23.760	\$23.760	\$23.760	\$23.760
	Baño	80	26		\$30.413	\$30.413	\$30.413	\$30.413	\$30.413	\$30.413	\$30.413	\$30.413	\$30.413	\$30.413
	Pasillos	80	26		\$253.433	\$253.433	\$253.433	\$253.433	\$253.433	\$253.433	\$253.433	\$253.433	\$253.433	\$253.433
<b>Total de mobiliario</b>				\$0	\$281.950	\$281.950	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$281.950	\$281.950	\$0
<b>Total de equipos</b>				\$0	\$59.230.991	\$58.294.908	\$57.253.897	\$6.986.255	\$6.050.172	\$0	\$1.146.078	\$1.041.011	\$831.016	\$954.413
<b>Total de obras física</b>				\$0	\$3.156.109	\$3.156.109	\$3.156.109	\$3.156.109	\$3.156.109	\$3.156.109	\$3.156.109	\$3.156.109	\$3.156.109	\$3.156.109
<b>Total</b>				\$0	\$62.669.050	\$61.732.967	\$60.410.006	\$10.142.364	\$9.206.281	\$3.156.109	\$4.302.187	\$4.479.070	\$4.269.075	\$4.110.522

Fuente: Elaboración propia

Anexo 47: Calendario de valor libro (CLP\$)

Balance	Activo	Vida útil normal (años)	Vida útil acelerada (años)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Mobiliario	Escritorio	7	2											
	Silla de escritorio	7	2											
	Ducha	7	2											
	Lavamanos	7	2											
	Inodoro	7	2											
Equipos	Mesón	7	2											
	Maxi saca	3	1											
	Planta de triturado	15	5											
	Máquina productora de ladrillos	15	5											
	Mezcladora	15	5											
	Transportador de tornillo	15	5											
	Estanque acero (0,4x0,4x0,355) m	10	3											\$990.993
	Estanque acero (0,5x0,5x0,806) m	10	3											\$219.684
	Estanque acero (0,4x0,4x0,366) m	10	3											\$13.651.972
	Bidón (60 l)	10	3											\$3.295.417
	Balanza digital	9	3											\$288.750
	Pala	3	1											
	Pallet (1,2x1) m	3	1											
	Europallet (0,8x1) m	3	1											
	Transpaleta	7	2											
	Estanque acero inox. (1x1x1,3) m	10	3											\$62.000
Computador	6	2												
Obras físicas	Acopio de plástico	80	26											\$508.455
	Tratamiento de PET	80	26											\$17.150.234
	Producción de ladrillos	80	26											\$2.223.178
	Dosificación de insumos	80	26											\$914.679
	Bodega de insumos	80	26											\$6.569.191
	Planta de curado	80	26											\$6.951.561
	Bodega de almacenado	80	26											\$9.987.604
	Zona de despacho	80	26											\$1.271.138
	Oficina encargado de planta	80	26											\$380.162
	Baño	80	26											\$486.607
Pasillos	80	26											\$4.054.932	
<b>Total de mobiliario</b>				\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
<b>Total de equipos</b>				\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$18.508.817
<b>Total de obras física</b>				\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$50.497.742
<b>Total</b>				\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$69.006.559

Fuente: Elaboración propia

Anexo 48: Costo de adquisición de adoquín versus costo de proyecto

Capa	Descripción	Costo	Costo Total
Base	Grava	€ 29.195,38	€ 88.784,71
	Vagoneta	€ 40.833,33	
	Back-hoe	€ 15.000,00	
	Operario	€ 1.974,00	
	Ayudante	€ 1.782,00	
Elementos de confinamiento	Borde confinamiento lineal	€ 16.776,00	€ 77.755,00
	Cuneta prefabricada	€ 25.500,00	
	Borde confinamiento cuadrada	€ 13.100,00	
	Mortero Pegamix	€ 2.347,00	
	Operario	€ 10.528,00	
	Ayudante	€ 9.504,00	
Capa de arena de asiento	Arena polvo de roca	€ 8.462,00	€ 35.846,00
	Reglas para niveleta	€ 20.000,00	
	Operario	€ 2.632,00	
	Ayudante	€ 4.752,00	
Adoquines	Grava	€ 29.195,38	€ 788.003,67
	Vagoneta	€ 40.833,33	
	Back-hoe	€ 15.000,00	
	Operario	€ 1.974,00	
	Ayudante	€ 1.782,00	
	<b>Adoquín 6x10x20 cm</b>	<b>€ 196.181,21</b>	
	<b>Adoquín 8x10x20 cm</b>	<b>€ 414.429,75</b>	
	Operario	€ 31.584,00	
	Ayudante	€ 57.024,00	
Compactado inicial	Arena polvo de roca	€ 4.920,00	€ 24.952,00
	Operario	€ 10.528,00	
	Ayudante	€ 9.504,00	
Sello de arena y compactado final	Grava	€ 29.195,38	€ 88.784,71
	Vagoneta	€ 40.833,33	
	Beck-hoe	€ 15.000,00	
	Operario	€ 1.974,00	
	Ayudante	€ 1.782,00	
Limpieza y colocación de loseta guía	Loseta guía y prevención	€ 13.000,00	€ 13.000,00
<b>Costo total</b>			<b>€ 1.117.126,09</b>
<b>Costo de adoquines</b>			<b>€ 610.610,96</b>
<b>Costo de adoquines v/s Costo del proyecto</b>			<b>54,66%</b>

Fuente: Elaboración propia en base a (ISSU, 2016)

**Anexo 49: Costos de producción – Consumo de servicio eléctrico y agua**

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Producción de ladrillos (kg/año)	5.689.121	5.821.825	5.922.022	6.002.588	6.069.984	6.127.923	6.178.738	6.223.992	6.264.785	6.301.918
Tratamiento de PET (kg/año)	85.375	87.366	88.870	90.079	91.090	91.960	92.722	93.401	94.013	94.571
<b>Servicio de agua</b>	<b>\$516.468</b>	<b>\$528.515</b>	<b>\$537.611</b>	<b>\$544.925</b>	<b>\$551.043</b>	<b>\$556.303</b>	<b>\$560.916</b>	<b>\$565.025</b>	<b>\$568.728</b>	<b>\$572.099</b>
<b>Servicio eléctrico</b>	<b>\$6.325.787</b>	<b>\$6.473.341</b>	<b>\$6.584.751</b>	<b>\$6.674.333</b>	<b>\$6.749.271</b>	<b>\$6.813.694</b>	<b>\$6.870.196</b>	<b>\$6.920.515</b>	<b>\$6.965.872</b>	<b>\$7.007.161</b>
<b>Costo total</b>	<b>\$6.842.255</b>	<b>\$7.001.856</b>	<b>\$7.122.362</b>	<b>\$7.219.258</b>	<b>\$7.300.315</b>	<b>\$7.369.997</b>	<b>\$7.431.112</b>	<b>\$7.485.539</b>	<b>\$7.534.600</b>	<b>\$7.579.259</b>

Fuente: Elaboración propia

**Anexo 50: Resumen de kilogramos de insumos consumidos según la producción anual**

Año	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Agua	439.070 kg	449.311 kg	457.044 kg	463.262 kg	468.463 kg	472.935 kg	476.857 kg	480.349 kg	483.498 kg	486.363 kg
Cemento	922.046 kg	943.553 kg	959.793 kg	972.850 kg	983.773 kg	993.163 kg	1.001.399 kg	1.008.733 kg	1.015.345 kg	1.021.363 kg
Aditivo	5.610 kg	5.741 kg	5.840 kg	5.919 kg	5.986 kg	6.043 kg	6.093 kg	6.138 kg	6.178 kg	6.215 kg
Gravilla	2.834.438 kg	2.900.553 kg	2.950.474 kg	2.990.613 kg	3.024.191 kg	3.053.058 kg	3.078.375 kg	3.100.921 kg	3.121.245 kg	3.139.745 kg
Arena	1.402.583 kg	1.435.300 kg	1.460.002 kg	1.479.865 kg	1.496.480 kg	1.510.764 kg	1.523.292 kg	1.534.449 kg	1.544.506 kg	1.553.661 kg
PET	85.375 kg	87.366 kg	88.870 kg	90.079 kg	91.090 kg	91.960 kg	92.722 kg	93.401 kg	94.013 kg	94.571 kg
<b>Total</b>	<b>5.689.121 kg</b>	<b>5.821.825 kg</b>	<b>5.922.022 kg</b>	<b>6.002.588 kg</b>	<b>6.069.984 kg</b>	<b>6.127.923 kg</b>	<b>6.178.738 kg</b>	<b>6.223.992 kg</b>	<b>6.264.785 kg</b>	<b>6.301.918 kg</b>

Fuente: Elaboración propia

**Anexo 51: Resumen de costo anual por compra de insumos**

Año	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Agua	\$374.417	\$383.150	\$389.744	\$395.047	\$399.482	\$403.295	\$406.640	\$409.618	\$412.303	\$414.746
Cemento	\$97.736.876	\$100.016.665	\$101.738.016	\$103.122.107	\$104.279.942	\$105.275.308	\$106.148.293	\$106.925.748	\$107.626.549	\$108.264.474
Aditivo	\$4.182.840	\$4.280.408	\$4.354.076	\$4.413.311	\$4.462.863	\$4.505.462	\$4.542.823	\$4.576.095	\$4.606.088	\$4.633.389
Gravilla	\$107.255.122	\$109.756.933	\$111.645.919	\$113.164.802	\$114.435.394	\$115.527.696	\$116.485.697	\$117.338.866	\$118.107.916	\$118.807.966
Arena	\$51.054.028	\$52.244.904	\$53.144.072	\$53.867.069	\$54.471.877	\$54.991.819	\$55.447.833	\$55.853.946	\$56.220.018	\$56.553.246
<b>Total</b>	<b>\$260.603.282</b>	<b>\$266.682.059</b>	<b>\$271.271.827</b>	<b>\$274.962.336</b>	<b>\$278.049.558</b>	<b>\$280.703.580</b>	<b>\$283.031.285</b>	<b>\$285.104.273</b>	<b>\$286.972.873</b>	<b>\$288.673.821</b>

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 52: Flujo de caja sin proyecto

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos		\$5.139.941	\$5.315.329	\$5.447.755	\$5.554.236	\$5.643.310	\$5.719.885	\$5.787.045	\$5.846.856	\$5.900.769	\$5.949.846
Costos											
Valor libro											
Depreciación											
Venta de activos											
<b>Utilidad antes de impuesto</b>	\$0	\$5.139.941	\$5.315.329	\$5.447.755	\$5.554.236	\$5.643.310	\$5.719.885	\$5.787.045	\$5.846.856	\$5.900.769	\$5.949.846
Impuesto	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
<b>Utilidad después de impuesto</b>	\$0	\$5.139.941	\$5.315.329	\$5.447.755	\$5.554.236	\$5.643.310	\$5.719.885	\$5.787.045	\$5.846.856	\$5.900.769	\$5.949.846
Valor libro											
Depreciación											
Inversión activos											
Inversión terreno											
Inversión capital de trabajo											
Costo de implementación											
Valor de desecho											
<b>Flujo neto</b>	\$0	\$5.139.941	\$5.315.329	\$5.447.755	\$5.554.236	\$5.643.310	\$5.719.885	\$5.787.045	\$5.846.856	\$5.900.769	\$5.949.846
Valor presente	\$0	\$4.593.334	\$4.244.925	\$3.888.010	\$3.542.452	\$3.216.499	\$2.913.445	\$2.634.185	\$2.378.382	\$2.145.052	\$1.932.880
Valor presente acumulado	\$0	\$4.593.334	\$8.838.259	\$12.726.269	\$16.268.721	\$19.485.220	\$22.398.664	\$25.032.849	\$27.411.232	\$29.556.284	\$31.489.164

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 53: Flujo de caja con proyecto – Escenario base

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos		\$470.936.215	\$511.094.410	\$551.252.604	\$591.410.799	\$631.568.994	\$671.727.188	\$711.885.383	\$752.043.578	\$792.201.773	\$832.359.967
Costos	\$0	\$345.734.671	\$351.973.049	\$356.683.324	\$360.470.728	\$363.639.007	\$366.362.711	\$368.751.531	\$370.878.946	\$372.796.607	\$374.542.214
Valor libro	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$69.006.559
Depreciación	\$0	\$62.669.050	\$61.732.967	\$60.410.006	\$10.142.364	\$9.206.281	\$3.156.109	\$4.302.187	\$4.479.070	\$4.269.075	\$4.110.522
Venta de activos	\$0	\$0	\$0	\$432.758	\$0	\$0	\$684.752	\$1.053.857	\$0	\$449.255	\$92.045.808
<b>Utilidad antes de impuesto</b>	<b>\$0</b>	<b>\$62.532.494</b>	<b>\$97.388.394</b>	<b>\$134.592.033</b>	<b>\$220.797.707</b>	<b>\$258.723.706</b>	<b>\$302.893.121</b>	<b>\$339.885.523</b>	<b>\$376.685.562</b>	<b>\$415.585.346</b>	<b>\$476.746.480</b>
Impuesto	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
<b>Utilidad después de impuesto</b>	<b>\$0</b>	<b>\$62.532.494</b>	<b>\$97.388.394</b>	<b>\$134.592.033</b>	<b>\$220.797.707</b>	<b>\$258.723.706</b>	<b>\$302.893.121</b>	<b>\$339.885.523</b>	<b>\$376.685.562</b>	<b>\$415.585.346</b>	<b>\$476.746.480</b>
Valor libro	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$69.006.559
Depreciación	\$0	\$62.669.050	\$61.732.967	\$60.410.006	\$10.142.364	\$9.206.281	\$3.156.109	\$4.302.187	\$4.479.070	\$4.269.075	\$4.110.522
Inversión activos	\$269.502.870	\$0	\$0	\$936.083	\$0	\$0	\$1.356.073	\$2.225.932	\$0	\$991.073	\$153.556.186
Inversión terreno											
Inversión capital de trabajo	\$345.734.671										
Costo de implementación	\$53.900.574										
Valor de desecho											\$69.006.559
<b>Flujo neto</b>	<b>\$669.138.115</b>	<b>\$125.201.544</b>	<b>\$159.121.361</b>	<b>\$194.065.956</b>	<b>\$230.940.071</b>	<b>\$267.929.987</b>	<b>\$304.693.157</b>	<b>\$341.961.778</b>	<b>\$381.164.632</b>	<b>\$418.863.348</b>	<b>\$465.313.934</b>
Valor presente	\$669.138.115	\$111.886.992	\$127.077.397	\$138.502.973	\$147.291.929	\$152.711.200	\$155.196.592	\$155.656.392	\$155.050.048	\$152.265.524	\$151.162.892
<b>Valor presente acumulado</b>	<b>\$669.138.115</b>	<b>\$557.251.124</b>	<b>\$430.173.726</b>	<b>\$291.670.753</b>	<b>\$144.378.824</b>	<b>\$8.332.376</b>	<b>\$163.528.968</b>	<b>\$319.185.360</b>	<b>\$474.235.408</b>	<b>\$626.500.932</b>	<b>\$777.663.824</b>

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 54: Flujo de caja incremental – Escenario base

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos	\$0	\$465.796.274	\$505.779.081	\$545.804.849	\$585.856.564	\$625.925.684	\$666.007.304	\$706.098.338	\$746.196.722	\$786.301.003	\$826.410.121
Costos	\$0	\$345.734.671	\$351.973.049	\$356.683.324	\$360.470.728	\$363.639.007	\$366.362.711	\$368.751.531	\$370.878.946	\$372.796.607	\$374.542.214
Valor libro	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$69.006.559
Depreciación	\$0	\$62.669.050	\$61.732.967	\$60.410.006	\$10.142.364	\$9.206.281	\$3.156.109	\$4.302.187	\$4.479.070	\$4.269.075	\$4.110.522
Venta de activos	\$0	\$0	\$0	\$432.758	\$0	\$0	\$684.752	\$1.053.857	\$0	\$449.255	\$92.045.808
<b>Utilidad antes de impuesto</b>	<b>\$0</b>	<b>\$57.392.553</b>	<b>\$92.073.065</b>	<b>\$129.144.278</b>	<b>\$215.243.472</b>	<b>\$253.080.397</b>	<b>\$297.173.236</b>	<b>\$334.098.478</b>	<b>\$370.838.707</b>	<b>\$409.684.577</b>	<b>\$470.796.634</b>
Impuesto	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
<b>Utilidad después de impuesto</b>	<b>\$0</b>	<b>\$57.392.553</b>	<b>\$92.073.065</b>	<b>\$129.144.278</b>	<b>\$215.243.472</b>	<b>\$253.080.397</b>	<b>\$297.173.236</b>	<b>\$334.098.478</b>	<b>\$370.838.707</b>	<b>\$409.684.577</b>	<b>\$470.796.634</b>
Valor libro	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$69.006.559
Depreciación	\$0	\$62.669.050	\$61.732.967	\$60.410.006	\$10.142.364	\$9.206.281	\$3.156.109	\$4.302.187	\$4.479.070	\$4.269.075	\$4.110.522
Inversión activos	\$269.502.870	\$0	\$0	\$936.083	\$0	\$0	\$1.356.073	\$2.225.932	\$0	\$991.073	\$153.556.186
Inversión terreno	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Inversión capital de trabajo	\$345.734.671	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Costo de implementación	\$53.900.574	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Valor de desecho	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$69.006.559
<b>Flujo neto</b>	<b>\$669.138.115</b>	<b>\$120.061.603</b>	<b>\$153.806.032</b>	<b>\$188.618.201</b>	<b>\$225.385.835</b>	<b>\$262.286.677</b>	<b>\$298.973.272</b>	<b>\$336.174.733</b>	<b>\$375.317.776</b>	<b>\$412.962.579</b>	<b>\$459.364.088</b>
<b>Valor presente</b>	<b>\$669.138.115</b>	<b>\$107.293.657</b>	<b>\$122.832.472</b>	<b>\$134.614.964</b>	<b>\$143.749.477</b>	<b>\$149.494.701</b>	<b>\$152.283.148</b>	<b>\$153.022.207</b>	<b>\$152.671.665</b>	<b>\$150.120.472</b>	<b>\$149.230.012</b>
<b>Valor presente acumulado</b>	<b>\$669.138.115</b>	<b>\$561.844.458</b>	<b>\$439.011.986</b>	<b>\$304.397.022</b>	<b>\$160.647.545</b>	<b>\$11.152.844</b>	<b>\$141.130.303</b>	<b>\$294.152.511</b>	<b>\$446.824.176</b>	<b>\$596.944.648</b>	<b>\$746.174.660</b>

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 55: Flujo de caja con proyecto – Escenario optimista

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos		\$700.658.901	\$760.406.263	\$820.153.625	\$879.900.987	\$939.648.349	\$999.395.711	\$1.059.143.073	\$1.118.890.435	\$1.178.637.797	\$1.238.385.159
Costos	\$0	\$476.194.604	\$485.476.063	\$492.484.009	\$498.118.910	\$502.832.675	\$506.885.002	\$510.439.088	\$513.604.256	\$516.457.352	\$519.054.467
Valor libro	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$69.006.559
Depreciación	\$0	\$62.669.050	\$61.732.967	\$60.410.006	\$10.142.364	\$9.206.281	\$3.156.109	\$4.302.187	\$4.479.070	\$4.269.075	\$4.110.522
Venta de activos	\$0	\$0	\$0	\$432.758	\$0	\$0	\$684.752	\$1.053.857	\$0	\$449.255	\$92.045.808
<b>Utilidad antes de impuesto</b>	<b>\$0</b>	<b>\$161.795.247</b>	<b>\$213.197.233</b>	<b>\$267.692.368</b>	<b>\$371.639.713</b>	<b>\$427.609.393</b>	<b>\$490.039.352</b>	<b>\$545.455.655</b>	<b>\$600.807.109</b>	<b>\$658.360.626</b>	<b>\$738.259.419</b>
Impuesto	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
<b>Utilidad después de impuesto</b>	<b>\$0</b>	<b>\$161.795.247</b>	<b>\$213.197.233</b>	<b>\$267.692.368</b>	<b>\$371.639.713</b>	<b>\$427.609.393</b>	<b>\$490.039.352</b>	<b>\$545.455.655</b>	<b>\$600.807.109</b>	<b>\$658.360.626</b>	<b>\$738.259.419</b>
Valor libro	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$69.006.559
Depreciación	\$0	\$62.669.050	\$61.732.967	\$60.410.006	\$10.142.364	\$9.206.281	\$3.156.109	\$4.302.187	\$4.479.070	\$4.269.075	\$4.110.522
Inversión activos	\$269.502.870	\$0	\$0	\$936.083	\$0	\$0	\$1.356.073	\$2.225.932	\$0	\$991.073	\$153.556.186
Inversión terreno											
Inversión capital de trabajo	\$476.194.604										
Costo de implementación	\$53.900.574										
Valor de desecho											\$69.006.559
<b>Flujo neto</b>	<b>\$799.598.049</b>	<b>\$224.464.296</b>	<b>\$274.930.200</b>	<b>\$327.166.291</b>	<b>\$381.782.077</b>	<b>\$436.815.674</b>	<b>\$491.839.388</b>	<b>\$547.531.910</b>	<b>\$605.286.179</b>	<b>\$661.638.627</b>	<b>\$726.826.873</b>
Valor presente	\$799.598.049	\$200.593.652	\$219.564.577	\$233.495.379	\$243.497.883	\$248.970.437	\$250.520.221	\$249.229.146	\$246.218.151	\$240.519.379	\$236.118.552
<b>Valor presente acumulado</b>	<b>\$799.598.049</b>	<b>\$599.004.397</b>	<b>\$379.439.820</b>	<b>\$145.944.441</b>	<b>\$97.553.443</b>	<b>\$346.523.879</b>	<b>\$597.044.100</b>	<b>\$846.273.246</b>	<b>\$1.092.491.397</b>	<b>\$1.333.010.776</b>	<b>\$1.569.129.328</b>

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 56: Flujo de caja incremental – Escenario optimista

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos	\$0	\$695.518.960	\$755.090.934	\$814.705.870	\$874.346.751	\$934.005.039	\$993.675.826	\$1.053.356.028	\$1.113.043.579	\$1.172.737.028	\$1.232.435.313
Costos	\$0	\$476.194.604	\$485.476.063	\$492.484.009	\$498.118.910	\$502.832.675	\$506.885.002	\$510.439.088	\$513.604.256	\$516.457.352	\$519.054.467
Valor libro	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$69.006.559
Depreciación	\$0	\$62.669.050	\$61.732.967	\$60.410.006	\$10.142.364	\$9.206.281	\$3.156.109	\$4.302.187	\$4.479.070	\$4.269.075	\$4.110.522
Venta de activos	\$0	\$0	\$0	\$432.758	\$0	\$0	\$684.752	\$1.053.857	\$0	\$449.255	\$92.045.808
<b>Utilidad antes de impuesto</b>	<b>\$0</b>	<b>\$156.655.305</b>	<b>\$207.881.904</b>	<b>\$262.244.613</b>	<b>\$366.085.478</b>	<b>\$421.966.084</b>	<b>\$484.319.467</b>	<b>\$539.668.610</b>	<b>\$594.960.254</b>	<b>\$652.459.856</b>	<b>\$732.309.573</b>
Impuesto	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
<b>Utilidad después de impuesto</b>	<b>\$0</b>	<b>\$156.655.305</b>	<b>\$207.881.904</b>	<b>\$262.244.613</b>	<b>\$366.085.478</b>	<b>\$421.966.084</b>	<b>\$484.319.467</b>	<b>\$539.668.610</b>	<b>\$594.960.254</b>	<b>\$652.459.856</b>	<b>\$732.309.573</b>
Valor libro	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$69.006.559
Depreciación	\$0	\$62.669.050	\$61.732.967	\$60.410.006	\$10.142.364	\$9.206.281	\$3.156.109	\$4.302.187	\$4.479.070	\$4.269.075	\$4.110.522
Inversión activos	\$269.502.870	\$0	\$0	\$936.083	\$0	\$0	\$1.356.073	\$2.225.932	\$0	\$991.073	\$153.556.186
Inversión terreno	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Inversión capital de trabajo	\$476.194.604	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Costo de implementación	\$53.900.574	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Valor de desecho	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$69.006.559
<b>Flujo neto</b>	<b>\$799.598.049</b>	<b>\$219.324.355</b>	<b>\$269.614.871</b>	<b>\$321.718.536</b>	<b>\$376.227.842</b>	<b>\$431.172.364</b>	<b>\$486.119.503</b>	<b>\$541.744.865</b>	<b>\$599.439.324</b>	<b>\$655.737.858</b>	<b>\$720.877.027</b>
Valor presente	\$799.598.049	\$196.000.317	\$215.319.652	\$229.607.370	\$239.955.431	\$245.753.937	\$247.606.776	\$246.594.961	\$243.839.768	\$238.374.326	\$234.185.672
Valor presente acumulado	\$799.598.049	\$603.597.731	\$388.278.079	\$158.670.709	\$81.284.722	\$327.038.660	\$574.645.436	\$821.240.397	\$1.065.080.166	\$1.303.454.492	\$1.537.640.164

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 57: Flujo de caja con proyecto – Escenario pesimista

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos		\$254.359.187	\$276.049.185	\$297.739.184	\$319.429.182	\$341.119.180	\$362.809.179	\$384.499.177	\$406.189.176	\$427.879.174	\$449.569.172
Costos	\$0	\$222.740.181	\$226.109.615	\$228.653.700	\$230.699.330	\$232.410.561	\$233.881.672	\$235.171.906	\$236.320.953	\$237.356.708	\$238.299.535
Valor libro	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$69.006.559
Depreciación	\$0	\$62.669.050	\$61.732.967	\$60.410.006	\$10.142.364	\$9.206.281	\$3.156.109	\$4.302.187	\$4.479.070	\$4.269.075	\$4.110.522
Venta de activos	\$0	\$0	\$0	\$432.758	\$0	\$0	\$684.752	\$1.053.857	\$0	\$449.255	\$92.045.808
<b>Utilidad antes de impuesto</b>	<b>\$0</b>	<b>\$31.050.044</b>	<b>\$11.793.397</b>	<b>\$9.108.236</b>	<b>\$78.587.488</b>	<b>\$99.502.338</b>	<b>\$126.456.150</b>	<b>\$146.078.941</b>	<b>\$165.389.153</b>	<b>\$186.702.646</b>	<b>\$230.198.364</b>
Impuesto	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
<b>Utilidad después de impuesto</b>	<b>\$0</b>	<b>\$31.050.044</b>	<b>\$11.793.397</b>	<b>\$9.108.236</b>	<b>\$78.587.488</b>	<b>\$99.502.338</b>	<b>\$126.456.150</b>	<b>\$146.078.941</b>	<b>\$165.389.153</b>	<b>\$186.702.646</b>	<b>\$230.198.364</b>
Valor libro	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$69.006.559
Depreciación	\$0	\$62.669.050	\$61.732.967	\$60.410.006	\$10.142.364	\$9.206.281	\$3.156.109	\$4.302.187	\$4.479.070	\$4.269.075	\$4.110.522
Inversión activos	\$269.502.870	\$0	\$0	\$936.083	\$0	\$0	\$1.356.073	\$2.225.932	\$0	\$991.073	\$153.556.186
Inversión terreno											
Inversión capital de trabajo	\$222.740.181										
Costo de implementación	\$53.900.574										
Valor de desecho											\$69.006.559
<b>Flujo neto</b>	<b>\$546.143.625</b>	<b>\$31.619.006</b>	<b>\$49.939.570</b>	<b>\$68.582.159</b>	<b>\$88.729.852</b>	<b>\$108.708.619</b>	<b>\$128.256.186</b>	<b>\$148.155.196</b>	<b>\$169.868.223</b>	<b>\$189.980.648</b>	<b>\$218.765.818</b>
Valor presente	\$546.143.625	\$28.256.484	\$39.882.707	\$48.946.415	\$56.591.266	\$61.960.305	\$65.327.765	\$67.438.248	\$69.098.950	\$69.061.910	\$71.068.737
<b>Valor presente acumulado</b>	<b>\$546.143.625</b>	<b>\$517.887.141</b>	<b>\$478.004.434</b>	<b>\$429.058.019</b>	<b>\$372.466.753</b>	<b>\$310.506.448</b>	<b>\$245.178.682</b>	<b>\$177.740.434</b>	<b>\$108.641.484</b>	<b>\$39.579.573</b>	<b>\$31.489.164</b>

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 58: Flujo de caja incremental – Escenario pesimista

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos	\$0	\$249.219.246	\$270.733.856	\$292.291.428	\$313.874.946	\$335.475.871	\$357.089.294	\$378.712.132	\$400.342.320	\$421.978.404	\$443.619.326
Costos	\$0	\$222.740.181	\$226.109.615	\$228.653.700	\$230.699.330	\$232.410.561	\$233.881.672	\$235.171.906	\$236.320.953	\$237.356.708	\$238.299.535
Valor libro	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$69.006.559
Depreciación	\$0	\$62.669.050	\$61.732.967	\$60.410.006	\$10.142.364	\$9.206.281	\$3.156.109	\$4.302.187	\$4.479.070	\$4.269.075	\$4.110.522
Venta de activos	\$0	\$0	\$0	\$432.758	\$0	\$0	\$684.752	\$1.053.857	\$0	\$449.255	\$92.045.808
<b>Utilidad antes de impuesto</b>	<b>\$0</b>	<b>\$36.189.985</b>	<b>\$17.108.726</b>	<b>\$3.660.481</b>	<b>\$73.033.253</b>	<b>\$93.859.029</b>	<b>\$120.736.266</b>	<b>\$140.291.896</b>	<b>\$159.542.297</b>	<b>\$180.801.877</b>	<b>\$224.248.518</b>
Impuesto	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
<b>Utilidad después de impuesto</b>	<b>\$0</b>	<b>\$36.189.985</b>	<b>\$17.108.726</b>	<b>\$3.660.481</b>	<b>\$73.033.253</b>	<b>\$93.859.029</b>	<b>\$120.736.266</b>	<b>\$140.291.896</b>	<b>\$159.542.297</b>	<b>\$180.801.877</b>	<b>\$224.248.518</b>
Valor libro	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$69.006.559
Depreciación	\$0	\$62.669.050	\$61.732.967	\$60.410.006	\$10.142.364	\$9.206.281	\$3.156.109	\$4.302.187	\$4.479.070	\$4.269.075	\$4.110.522
Inversión activos	\$269.502.870	\$0	\$0	\$936.083	\$0	\$0	\$1.356.073	\$2.225.932	\$0	\$991.073	\$153.556.186
Inversión terreno	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Inversión capital de trabajo	\$222.740.181	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Costo de implementación	\$53.900.574	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0
Valor de desecho	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$0	\$69.006.559
<b>Flujo neto</b>	<b>\$546.143.625</b>	<b>\$26.479.065</b>	<b>\$44.624.241</b>	<b>\$63.134.403</b>	<b>\$83.175.616</b>	<b>\$103.065.309</b>	<b>\$122.536.302</b>	<b>\$142.368.151</b>	<b>\$164.021.367</b>	<b>\$184.079.879</b>	<b>\$212.815.972</b>
<b>Valor presente</b>	<b>\$546.143.625</b>	<b>\$23.663.150</b>	<b>\$35.637.782</b>	<b>\$45.058.406</b>	<b>\$53.048.814</b>	<b>\$58.743.806</b>	<b>\$62.414.321</b>	<b>\$64.804.064</b>	<b>\$66.720.568</b>	<b>\$66.916.858</b>	<b>\$69.135.858</b>
<b>Valor presente acumulado</b>	<b>\$546.143.625</b>	<b>\$522.480.475</b>	<b>\$486.842.694</b>	<b>\$441.784.288</b>	<b>\$388.735.473</b>	<b>\$329.991.668</b>	<b>\$267.577.347</b>	<b>\$202.773.283</b>	<b>\$136.052.715</b>	<b>\$69.135.857</b>	<b>\$0</b>

Fuente: Elaboración propia

